

БИБЛИОТЕЧКА
РАБОЧЕГО-РЕМОНТНИКА



В. А. Горохов
П. А. Руденко

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

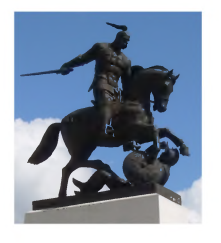




БИБЛИОТЕЧКА РАБОЧЕГО-РЕМОНТНИКА

В. А. Горохов
П. А. Руденко

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ





МОСКВА «КОЛОС» 1978

631.3
Г70
УДК 631.372-233.13.004.67

Горохов В. А. и Руденко П. А.

Г 70 Ремонт и восстановление коленчатых валов. М., «Колос», 1978.

159 с. с ил. (Б-чка рабочего-ремонтника).

В книге изложены методы ремонта и восстановления коленчатых валов различных типов. Подробно рассмотрены процессы мойки, дефектации, наплавки, шлифования, полирования и другие операции. Описаны новейшие процессы обработки поверхностей.

Книга предназначена для рабочих-ремонтников ремонтных предприятий, мастерских колхозов и совхозов.

Г $\frac{40202-137}{035\ (01)-78}$ 36—77 631.3

Глава 1

СПОСОБЫ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Огромное количество всевозможной техники, применяемой в сельском хозяйстве, вызвало большое разнообразие конструкций коленчатых валов, которое можно классифицировать по различным признакам. Так, например, по видам машин коленчатые валы могут быть подразделены на автомобильные, тракторные, комбайновые, компрессорные, насосные и др.

Основными элементами коленчатого вала двигателя являются коренные шейки *6* (рис. 1), представляющие собой опоры вала, шатунные шейки *1*, служащие для закрепления на них нижних головок шатунов, щеки *2*, предназначенные для соединения коренных и шатунных шеек в единое целое.

По количеству коренных шеек коленчатые валы делятся на двух-, трех-, пятиопорные и более.

У коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей обычно от двух до восьми опорных коренных шеек и до восьми шатунных. Двухопорные коленчатые валы чаще всего применяют в малолитражных двигателях и насосах. Трех- и пятиопорные коленчатые валы используют в компрессорах и среднелитражных двигателях. Семиопорные коленчатые валы и валы с бóльшим числом опор применяют на двигателях крупных легковых и грузовых автомобилей и тяжелых тракторов.

В зависимости от расположения опорных шеек коленчатые валы могут быть полноопорными и неполноопорными. У полноопорных коленчатых валов коренные шейки расположены через каждый цилиндр. Неполноопорные коленчатые валы конструируют так, чтобы коренные шейки располагались через каждые два цилиндра.

На передней шейке коленчатых валов двигателей сделаны пазы под сегментные шпонки для установки шестерни механизма газораспределения и шкива вентилятора. Задний конец коленчатого вала выполняют с фланцем

Таблица 1. Основные технические характеристики коленчатых валов

Марка машины	Марка двигателя	Материал	Масса, кг	Твердость шеек, HRC	Радиус кривошипа, мм	Расположение кривошипов под углом, °	Класс шероховатости: коренных и шатунных шеек	Класс шероховатости: галтелей	Нормальный диаметр шеек, мм: коренных	Нормальный диаметр шеек, мм: шатунных	Общая длина вала, мм	Число шеек: коренных	Число шеек: шатунных	Допустимая несбалансированность, г·см
Автомобили														
ГАЗ-51 ГАЗ-53	ГАЗ-51	Сталь 45	31,1	52—62	55±0,1	120	9	8	$64{,}0_{-0{,}013}$	$51{,}5_{-0{,}013}$	728	4	6	15
ГАЗ-53А ГАЗ-53Б	ГАЗ-53	Чугун высокопрочный	30,0	—	40±0,5	90	9в	8	$70{,}0_{-0{,}013}$	$65{,}5_{-0{,}013}$	698	5	4	15
ЗИЛ-150 ЗИЛ-154	ЗИЛ-120	Сталь 45	37,0	52—62	57,15±0,15	120	8б	7	$66{,}0_{-0{,}02}$	$62{,}0_{-0{,}02}$	958	5	4	30
ЗИЛ-130	ЗИЛ-130	Сталь 45	39,5	52—62	47,5±0,08	90	9б	9б	$75{,}0_{-0{,}013}$	$65{,}5_{-0{,}013}$	784	5	4	30
Тракторы, комбайны, самоходные шасси														
ДТ-75, Т-74, СК-4, СШ-75	СМД-14 СМД-14А	Сталь 45 селективная	50,0	52—62	$70_{-0{,}08}$	180	9	8	$88{,}25^{-0{,}100}_{-0{,}115}$	$78{,}25^{-0{,}095}_{-0{,}110}$	850	5	4	75
КМЗ-6Л МТЗ-52 Т-54В, МТЗ-82	Д-50 Д-240	Сталь 45	35,0 32,0	52—62	62,5±0,04	180	9	9	$75{,}25^{-0{,}075}_{-0{,}090}$	$68{,}25^{-0{,}075}_{-0{,}090}$	722	5	4	30
Т-28, Т-28Л, Т-40, Т-40А	Д-37М	Сталь 45	27,0	52—62	60±0,09	180	9	7	$70{,}25^{-0{,}065}_{-0{,}085}$	$65{,}25^{-0{,}060}_{-0{,}080}$	735	5	4	90
Т-38М, ЮМЗ	Д-65Н	Сталь 45	61,3	52—60	$65_{-0{,}10}$	180	9	8	$85{,}25^{-0{,}08}_{-0{,}10}$	$75{,}25^{-0{,}075}_{-0{,}095}$	805,5	5	4	120
ДТ-75М	А-41М	Сталь 45 селективная	76,9	52—62	$70^{+0{,}10}_{-0{,}05}$	180	9 (коренных) 8 (шатунных)	8	$105_{-0{,}015}$	$88_{-0{,}015}$	924	5	4	40
Т-4, Т-4М	А-01М	То же	101,8	52—62	70±0,010	—	9	8	$105_{-0{,}015}$	$85_{-0{,}015}$	1227	7	6	40
Т-100М	Д-108	Сталь 45Г	113	Не менее 48	$102{,}5^{+0{,}015}$	—	9	8	$92{,}25^{-0{,}040}_{-0{,}075}$	$92{,}25^{-0{,}040}_{-0{,}075}$	1437	5	4	—
Т-150	СМД-60	Сталь 45 селективная	60,5	Не менее 25	$57{,}5_{-0{,}06}$	—	9	9	$92{,}25_{-0{,}015}$	$85{,}25_{-0{,}015}$	820	4	3	50
К-700, К-701	ЯМЗ-238НБ	Сталь 50	97,0	52—62	70±0,05	—	10	9	$105_{-0{,}015}$	$85_{-0{,}015}$	1085	5	4	50
Т-16	Д-16	Сталь 45	10,4	52—62	60±0,09	—	8	8	$60{,}25^{-0{,}065}_{-0{,}080}$	$60{,}25^{-0{,}065}_{-0{,}080}$	415	3	2	15
Т-25, Т-16М	Д-21	Сталь 40Х	18,0	Не менее 48	60±0,09	180	9	8	$70{,}25^{-0{,}065}_{-0{,}085}$	$65{,}25^{-0{,}06}_{-0{,}08}$	456	3	2	20

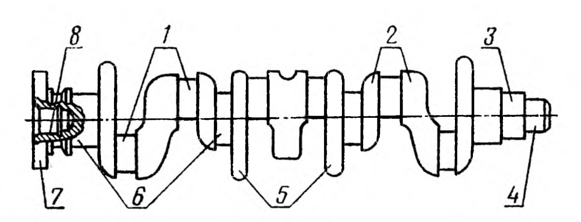


Рис. 1. Коленчатый вал автомобильного двигателя:

1 — шатунные шейки; *2* — щеки; *3* — шейка под шестерню механизма газораспределения; *4* — шейка под шкив вентилятора; *5* — противовесы; *6* — коренные шейки; *7* — фланец; *8* — гнездо под подшипник вала муфты сцепления.

или без него. Между фланцем и задней шейкой располагают маслосгонные канавки.

По конструкции коленчатые валы могут быть цельными (двигатели ГАЗ-51, ЗИЛ-130) и сборными — с прикрепляемыми противовесами (двигатели КДМ-46, КДМ-100, Д-75). Кривошипы коленчатых валов располагают под углом 180° или 120°, реже под углом 90°.

В таблице 1 приведены основные технические характеристики наиболее часто встречающихся коленчатых валов.

Коленчатый вал служит для преобразования возвратно-поступательного движения во вращательное и является одной из наиболее ответственных деталей двигателя. В процессе эксплуатации коленчатый вал подвергается кручению и изгибу. Деформирующие вал силы отличаются пульсирующим переменным характером. Поэтому к коленчатым валам предъявляют повышенные требования как по прочности, так и по точности их изготовления.

Изготовляют коленчатые валы из углеродистых, хромомарганцовистых, хромоникельмолибденовых, хромоникелевых сталей, а также из специальных высокопрочных чугунов. Наибольшее применение находят стали марок 45, 40Х, 45Г2, 50Г, а для тяжело нагруженных коленчатых валов дизелей — 40ХНМА, 18ХНВА и др.

В процессе эксплуатации коленчатый вал утрачивает первоначальную точность и частично запас прочности. Поэтому при ремонте восстанавливают требуемую точность размеров, форму, взаимное расположение поверхностей, требуемую шероховатость и твердость трущихся поверхностей с сохранением достаточной усталостной прочности.

Из всего сказанного следует, что ремонт коленчатых валов является сложной проблемой, требующей, с одной стороны, специального точного и высокопроизводительного оборудования и оснастки, а с другой — высококвалифицированных рабочих-ремонтников. Эту проблему успешно решают только в условиях специализированных ремонтных предприятий. Ремонт коленчатых валов в неспециализированных мастерских не обеспечивает надлежащего качества и приводит к снижению ресурса отремонтированных двигателей.

ДЕФЕКТЫ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

У поступающих в ремонт двигателей коленчатые валы, как правило, подвержены многим дефектам. Основные дефекты коленчатых валов и способы их устранения приведены в таблице 2.

При ремонте коленчатых валов главным образом восстанавливают коренные и шатунные шейки. Основные способы ремонта и восстановления шеек приведены в таблице 3.

В наибольшей степени удовлетворяют требованиям надежности те способы восстановления, числовые значения отношений которых больше единицы. Как видно из таблицы 3, ни один из существующих способов полностью не отвечает этому требованию.

Поэтому в ремонтной практике применяют главным образом механизированную электродуговую наплавку под слоем флюса с последующими высокотемпературным отпуском и закалкой токами высокой частоты или механизированную электродуговую наплавку под слоем флюса, легированным графитом и феррохромом, при помощи которых восстанавливают около 95% валов.

Таблица 2. **Дефекты коленчатых валов и способы их устранения**

Дефекты	Способы устранения
Износ коренных и шатунных шеек. Овальность и конусность шеек. Задиры, риски и вмятины на шейках	См. табл. 3

Дефекты	Способы устранения
Износ посадочных мест под распределительную шестерню, шкив и маховик	1. Наплавка с последующим обтачиванием и шлифованием. 2. Электроискровое наращивание с последующим шлифованием
Износ маслосгонной резьбы	Углубление резьбы резцом и шлифование шейки до выведения следов износа
Износ и разбивка шпоночных канавок	1. Фрезерование под увеличенный размер шпонок. 2. Фрезерование новой шпоночной канавки. 3. Наплавка с последующим фрезерованием шпоночной канавки
Износ посадочного места наружного кольца шарикоподшипника в торце вала	1. Растачивание посадочного места, запрессовка втулки с последующим растачиванием. 2. Электроискровое наращивание с последующим шлифованием. 3. Наплавка с последующим растачиванием
Износ отверстий под штифты крепления маховика	Развертывание под ремонтный размер
Износ резьбы Срыв более двух ниток резьбы	1. Растачивание или зенкерование с последующим нарезанием резьбы увеличенного размера. 2. Углубление резьбовых отверстий с последующим нарезанием такой же резьбы под удлиненные болты (пробки)
Скручивание вала (нарушение расположения кривошипов)	1. Шлифование шеек под ремонтный размер с последующей балансировкой. 2. Наплавка шеек с последующим обтачиванием, шлифованием и балансировкой

Дефекты	Способы устранения
Торцовое биение фланца маховика	Подрезание торца фланца на токарном станке с последующей балансировкой
Изгиб вала: 1. До 0,15—0,2 мм. 2. От 0,2 до 1,2 мм	1. Шлифование под ремонтный размер. 2. Правка под прессом
Трещины: 1. На шейках 2. На щеках	1. Шлифование под ремонтный размер. 2. Наплавка с последующим обтачиванием и шлифованием под нормальный размер. Выбраковка (для кольцевых трещин, а также трещин, выходящих на галтель). 3. Шлифование с последующей балансировкой. Выбраковка (для трещин глубиной более 4 мм)
Коррозия трущихся поверхностей	Зачистка наждачной шкуркой, шлифование и полирование
Забивание масляных каналов продуктами износа и загрязнениями масла	Прочистка металлическим шомполом и ершом с последующей промывкой (вываркой) и продувкой сжатым воздухом

Таблица 3. **Основные способы ремонта и восстановления шеек коленчатых валов**

Способы ремонта и становления	Возможность восстановления радиусов галтелей	Возможность шлифования под ремонтный размер	$\frac{HRC}{HRC_н}$	$\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1н}}$
Шлифование под ремонтный размер	Есть	Есть	1—0,9	1—0,9
Обдирка с последующей постановкой (приваркой) полувтулок	Нет		1	0,8—0,6
Хромирование		Нет	1,2—0,4	0,8—0,5
Осталивание с последующим хромированием			1,2—0,4	<1
Электрометаллизация		Есть ограниченная	1,0—0,6	<1
Ручная электродуговая наплавка	Есть	Есть	1,0—0,9	<1
Автоматическая электровибрационная наплавка в струе жидкости	Нет		0,9—0,7	0,5—0,4
Механизированная электродуговая наплавка под слоем флюса с последующими высокотемпературным отпуском и закалкой токами высокой частоты	Есть		1,0—0,9	1
Автоматическая наплавка в среде углекислого газа	Нет	Есть	0,9—0,8	0,7—0,6
Механизированная электродуговая наплавка под слоем флюса, легированным графитом	Есть		1,1—0,8	0,7—0,6
Механизированная электродуговая наплавка под слоем флюса, легированным графитом и феррохромом		»	1,1—0,8	0,8—0,7

Способы ремонта и становления	Возможность восстановления радиусов галтелей	Возможность шлифования под ремонтный размер	$\frac{HRC}{HRC_н}$	$\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1н}}$
Механизированная электродуговая наплавка порошковой проволокой с внутренней защитой	Есть	Есть	1,0—0,9	0,7—0,6
Наплавка плазменной дугой			1,0—0,9	1

Примечание. $\frac{HRC}{HRC_н}$ — отношение твердости к твердости шеек н

$\frac{\sigma_{-1}}{\sigma_{-1н}}$ — отношение предела усталостной прочности на кручение восстановленного коленчатого вала к пределу усталостной прочности нового вала.

ТЕХНИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ НА ПРИЕМ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ В РЕМОНТ

В случае централизованного ремонта и восстановления коленчатых валов их от заказчиков принимают по специальным техническим условиям, которые в большинстве случаев вырабатывает ремонтное предприятие в зависимости от типов ремонтных валов, масштабов производства и других местных условий. Для упорядочения технических условий Государственным всесоюзным научно-исследовательским технологическим институтом ремонта и эксплуатации машинно-тракторного парка (ГОСНИТИ) разработаны допустимые без ремонта нормы на геометрические параметры поступающих в ремонт коленчатых валов (табл. 4). При централизованном ремонте и восстановлении принятые валы обезличивают, так как после ремонта все они должны быть равнозначны по качеству. Наиболее общими требованиями, принятыми на большинстве ремонтных предприятий, являются следующие.

1. Транспортировать коленчатые валы от заказчика до ремонтного предприятия и обратно необходимо в специальной таре, исключающей возможность их повреждения в пути следования.

Таблица 4. **Допустимые без ремонта геометрические параметры коленчатых валов, поступающих в ремонт (по данным ГОСНИТИ)**

Марка двигателя	Овальность и конусность шатунных и коренных шеек, мм	Диаметр шеек (наименьший), мм		Диаметр наружной поверхности (наименьший), мм				Наружная резьба (по классу точности)
				вала				
		шатунных	коренных	под шкив	под шестерню газораспределения	под шестерню привода масляного насоса	фланца под маховик	
СМД-14	0,015	75,80	86,55	1,5*	56,00	56,00	129,88	М56×1,5-8д
Д-50, Д-240	0,010	66,60	73,55	34,89	38,00	37,93	99,96	—
Д-48Л, Д-65Н	0,015	72,10	83,05	44,89	48,00	—	144,94	—
Д-37М	0,013	63,10	68,10	33,96	38,00	38,00	84,94	—
Д-108	0,015	88,30	92,10	1,5	75,00	75,00	189,93	М72×2-8д
А-41М	0,015	87,10	104,10	59,88	59,92	59,92	139,90	—
А-01М	0,015	84,10	104,10	59,88	60,00	59,00	139,90	—
ЯМЗ-238НБ	0,010	83,70	103,70	50,016	72,035	—	139,60	М68×2-8д
СМД-60	0,015	83,10	90,10	1,5	71,00	70,00	106,00	М64×2-8д
Д-21	0,013	63,10	68,10	33,95	38,00	38,00	84,94	—
Д-16	0,015	58,80	58,80	34,93	35,97	34,97	80,14	—
ГАЗ-51	0,010	50,10	62,65	37,98	39,98	—	121,84	—
ГАЗ-53	0,010	58,65	68,65	37,98	39,98	—	121,84	—
ЗИЛ-120	0,010	60,10	64,10	45,92	49,98	—	139,78	—
ЗИЛ-130	0,010	63,65	72,65	45,92	45,92	—	139,78	—

Продолжение

Марка двигателя	Диаметр внутренней поверхности (наибольший), мм		Внутренняя резьба (по классу точности)		Ширина шпоночных пазов, мм	Высота маслосгонной резьбы, мм
	под штифты маховика	под подшипник вала муфты сцепления	под шки	во фланце		
СМД-14	13,98	52,05	M24×2-7H	M14×2-7H	10,02, 8,02	1,00
Д-50, Д-240	13,98	—	M18×1,5-7H	M14×1,5-7H	6,02	—
Д-48Л, Д-65Н	14,03	—	M24×2-7H	—	8,02; 6,02	1,5
Д-37М	11,98	47,00	M12×1,5-7H	M12×1,5-7H	8,02; 5,02	—
Д-108	—	—	M33×2-7H	M20×1,5-7H	16,05	1,8; 0,9
А-41М	15,98	—	M22×1,5-7H	M16×1,5-7H	—	—
А-01М	15,98	52,05	M22×1,5-7H	M16×1,5-7H	—	—
ЯМЗ-238НБ	22,15	—	M27×2-7H	M16×1,5-7H	10,02	—
СМД-60	12,02	52,05	M24×2-7H	M16×1,5-7H	10,02, 8,02; 5,02	—
Д-21	11,98	47,00	M16×1,5-7H	M12×1,25-7H	8,02; 5,02	—
Д-16	12,03	41,55	M16×1,5-7H	M12×1,25-7H	8,07; 5,03	—
ГАЗ-51	12,05	40,00	M27×2-6H	—	8,03	—
ГАЗ-53	12,28	40,00	M27×2-6H	—	8,03	—
ЗИЛ-120	14,06	52,00	M27×1,5-7H	—	6,02	1,6
ЗИЛ-130	14,29	52,00	M27×1,5-7H	—	6,02	1,6

Примечания: 1. Коленчатые валы двигателей Д-240, А-41М, А-01М имеют шлицы под шестерню и под шкив коленчатого вала. Допустимая без ремонта ширина шлицев под шестерню 4,92 мм, под шкив 4,42 мм.

2. Величина «1,5» * обозначает утопание торца конуса коленчатого вала двигателя СМД-14 при замере конуса калибром.

2. Коленчатые валы принимают в ремонт без шестерен, штифтов, шпонок и маслоотражателей в сборе с противовесами, пробками и заглушками. Допускается прием в ремонт коленчатых валов с шестерней, если она расположена между противовесами, а также с подшипником, расположенным в отверстии фланца.

3. Валы, сдаваемые в ремонт, должны быть очищены от грязи и протерты до состояния, при котором внешним осмотром могут быть обнаружены крупные дефекты: забоины, царапины, трещины.

4. Коленчатые валы подлежат ремонту или восстановлению, если их геометрические параметры выходят за пределы значений, приведенных в таблице 4.

5. Коленчатые валы подлежат выбраковке при наличии на шейках кольцевых трещин, выходящих на галтели*, а также трещин на щеках глубиной более 4 мм.

6. Поверхности, подлежащие ремонту или восстановлению, при контроле-сортировке помечают красной краской. Выбракованные коленчатые валы маркируют красной краской на первой щеке «Бр» и направляют в изолятор брака.

7. Коленчатые валы, подлежащие ремонту или восстановлению, следует хранить в помещении или под навесом. Запрещается хранение коленчатых валов совместно с агрессивными веществами.

Глава 2

ПОДГОТОВКА КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ К РЕМОНТУ И ВОССТАНОВЛЕНИЮ

РАЗБОРКА И МОЙКА

Принятые в ремонт коленчатые валы перед мойкой поступают на участок разборки и осмотра, оснащенный столами с приспособлениями и инструментом.

Наиболее характерные виды работ на этом участке — это удаление из шпоночных пазов шпонок, извлечение из масляных каналов заглушек и пробок, выпрессовка подшипника из отверстия во фланце и снятие противовесов.

---

* В настоящее время восстанавливают некоторые типы коленчатых валов с трещинами, выходящими на галтель (приложение 1).

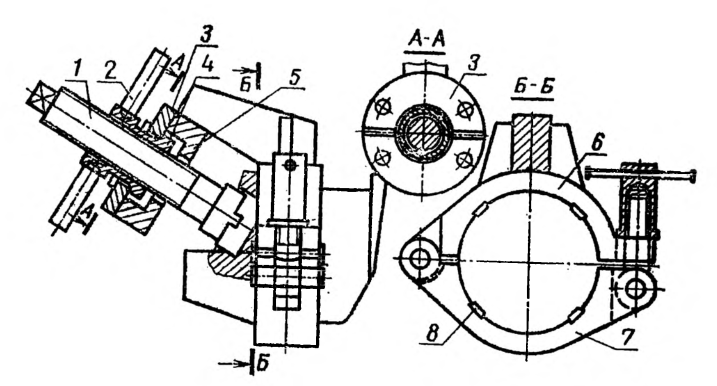


Рис. 2. Приспособление для вывертывания заглушек грязеуловителей шатунных шеек коленчатого вала двигателя ЗИЛ-130:

1 — винт-отвертка; *2* — рукоятка; *3* — полукольцо; *4* — гайка; *5* — кольцо; *6* и *7* — зажимные полукольца; *8* — бронзовый вкладыш.

Шпонки из пазов удаляют при помощи крейцмейселя с шириной лезвия, соответствующей ширине шпоночной канавки, и молотка.

При удалении из масляных каналов заглушек и пробок сначала их расшплинтовывают, используя пневматическое зубило. После извлечения шплинта вывинчивают заглушки при помощи приспособления (рис. 2).

Приспособление полукольцами *6* и *7* с бронзовыми вкладышами *8* закрепляют на шатунной шейке коленчатого вала. Против пробки через кольцо *5* устанавливают винт-отвертку *1*. Гайку *4* при помощи рукоятки *2* повертывают до тех пор, пока лезвие отвертки не войдет в шлиц пробки. Удерживая гайку от поворота, вращением винта-отвертки вывинчивают пробку.

Вывинченные пробки помещают в кассету для вываркі. Масляные каналы коленчатых валов, особенно тракторных, оказываются на 50—75% забитыми продуктами износа и масляными загрязнениями. Поэтому на разборочном участке целесообразно их очищать при помощи шомполов и металлических ершей для того, чтобы моющий раствор мог проникнуть к стенкам каналов и чтобы уменьшить его загрязнение.

Подшипник из отверстия во фланце выпрессовывают съемником.

После разборки коленчатые валы поступают на мойку. Качество моечно-очистительных работ во многом

зависит от моющих средств, используемого оборудования и режимов технологии.

Загрязнителями коленчатых валов являются остатки смазочных материалов, которые удалить трудно, так как они в период работы коленчатого вала окисляются, разлагаются и плотно пристают к металлической поверхности.

Осадки — это липкая, мазеобразная масса, откладывающаяся в масляных каналах и грязеуловителях. В состав осадков входят продукты окисления масла и топлива, сажа, пыль, вода, частицы износа.

Кроме загрязнений, на поверхности коленчатых валов могут находиться продукты коррозии, которые образуются в результате химического и электрохимического разрушения металла.

Коленчатые валы моют в струйных машинах и моющих установках ОМ-691, ОМ-837, ОМ-837Г, ОМ-947 (КМ-3), ОМ-4266, ОМ-887, а также в специальных выварочных ваннах.

Перед загрузкой в моечную машину валы устанавливают в многоместные кассеты, которые изготовляют в соответствии с размерами рабочего пространства моечной установки и габаритными размерами коленчатых валов.

Следует иметь в виду, что мойка валов в струйных машинах не всегда обеспечивает необходимое качество. Ударная сила струи удаляет загрязнения только с внешней поверхности валов. Их внутренние поверхности, пазы и особенно масляные каналы часто остаются неочищенными.

Для мойки лучше применять моечные машины и выварочные ванны.

Сущность ванной очистки заключается в погружении валов в ванну с моющим раствором, нагретым до высокой температуры. Вываривают валы обычно в ванне прямоугольной формы, закрываемой крышкой.

Простым и эффективным способом является очистка коленчатых валов в ваннах с вибрацией. Сущность этого способа заключается в том, что в ванну, заполненную моющей жидкостью, погружают коленчатые валы и укладывают на специальную платформу, которой при помощи гидро- или пневмоаппаратуры сообщается возвратно-поступательное движение (колебания). В результате вибрации поверхности коленчатых валов

интенсивно омываются моющей жидкостью, потоки раствора попадают в масляные каналы и завихряются в них. Поэтому все поверхности очищаются равномерно.

Чаще всего при очистке валов в моечных установках и выварочных ваннах применяют 10%-ный раствор каустической соды, нагретый до 80—90° С. Преимуществом этого раствора является дешевизна его компонентов. К недостаткам следует отнести невысокую растворяющую способность по отношению к смолистым отложениям и нагарам и вредное воздействие на организм человека.

В практике ремонта коленчатых валов применяют также водный раствор эмульгатора ОП-10 (10 г/л), нагретого до 70—85° С, а также растворы синтетического препарата МЛ-52 (25—35 г/л) и органического АМ-15, моющая способность которых более чем в 4 раза превосходит раствор каустической соды.

Для очистки труднодоступных поверхностей, в частности масляных каналов, применяют установки АКТБ-130, ОМ-3600 и 107.00. Промывают в них пульсирующей струей керосина или дизельного топлива под давлением 1—6 МПа (10—60 кгс/см^2), при этом в течение 10—12 мин масляные каналы полностью очищаются от загрязнений.

ЗАЧИСТКА РАБОЧИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ПРАВКА И ОБНАРУЖЕНИЕ ТРЕЩИН

Для проведения магнитной дефектоскопии необходимо зачистить посадочные шейки до металлического блеска. Зачистка нужна также для удаления следов коррозии, которые могут привести к браку при наплавке.

В ремонтных мастерских поверхности шеек зачищают чаще всего на токарном станке 1К62 при помощи металлических щеток. В специализированных мастерских для этого используют более производительное оборудование. Обычно одновременно зачищают все шейки двух одинаковых коленчатых валов, которые устанавливают в центрах станка так, чтобы одноименные шейки лежали в одной плоскости и были обращены в одну сторону от оси коленчатого вала. Коленчатые валы вращаются с одинаковой частотой (100 об/мин) в одном направлении, поэтому расстояние между одноимен-

ными шейками двух валов всегда остается постоянным. На шейки коленчатых валов надевают полировальные хомуты.

Хомуты одноименных шеек соединяют пружинами с усилием натяжения, обеспечивающим давление 0,2 МПа (2 кгс/см^2). Внутреннюю поверхность хомута покрывают шлифовальной шкуркой с зернистостью, создающей шероховатость шеек после зачистки не ниже 6-го класса.

Время на зачистку всех шеек одного вала, включая установку и снятие его со станка, составляет 4—5 мин.

Валы, поступающие в ремонт, в большинстве случаев имеют прогиб, величину которого контролируют при помощи индикатора, подводимого к средней коренной шейке. Коленчатый вал укладывают крайними коренными шейками на призмы, смонтированные на той же плите, на которой устанавливают штатив с индикатором. Вал поворачивают в призмах от усилия руки, наблюдая при этом за показанием индикатора. Разность между крайними показаниями индикатора за один полный оборот коленчатого вала представляет собой величину биения. Правкой устраняют прогиб, превышающий 0,15 мм для автомобильных и 0,2 мм для тракторных валов. При меньшем прогибе валы не правят, а исправляют кривизну шлифованием или токарной обработкой после наплавки.

Наибольшее распространение получила правка на гидравлических прессах методом неоднократного нагружения и разгружения вала. Число нагружений, их величина и направление зависят от величины прогиба и опыта правильщика. Процесс нагружения повторяют до тех пор, пока прогиб оси вала не станет меньше допустимой для данной операции величины.

Коленчатые валы чаще всего правят на прессах ГАРО 2135-1М, ПА-413, РУЕ-40. Скорость рабочего хода штока при этом не должна превышать 1 мм/с. Для получения необходимой скорости рабочего хода штока гидросистему пресса оборудуют дросселем или же клапаном-замедлителем с гидродемпфером.

Сибирским отделением ГОСНИТИ разработана методика правки коленчатых валов двигателей А-01. По этой методике для каждой величины устраняемого прогиба приводится конкретное значение величины нагружения в миллиметрах. Величину нагружения и величи-

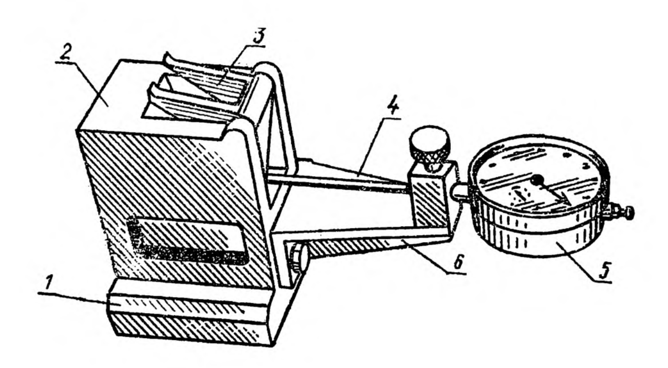


Рис. 3. Приспособление для контроля коленчатых валов:

1 — основание приспособления; *2* — упор; *3* — двуплечий рычаг; *4* — удлинитель; *5* — индикатор; *6* — кронштейн для индикатора.

ну прогиба определяют в приспособлении, которое состоит из основания *1* (рис. 3), упора *2* и кронштейна *6* с закрепленным на нем индикатором *5*. Перемещения коленчатого вала передаются на индикатор через двуплечий рычаг *3* и удлинитель *4*. Кроме измерения величины нагружения, это приспособление позволяет измерить оставшееся после правки биение коленчатого вала и служит упором, ограничивающим величину перегиба вала при правке.

Усталостная прочность выправленного под прессом вала ниже прочности обычного вала. Кроме того, в процессе правки под прессом в галтелях шатунных шеек могут развиваться старые и зарождаться новые микро- и макротрещины. В процессе правки иногда наблюдаются поломки вала. Поэтому править вал необходимо до магнитной дефектоскопии.

Недостатки правки под прессом привели к созданию другого, более высококачественного, хотя и менее производительного, способа. Способ заключается в правке наклепом, который получают на поверхности щек нанесением ударов молотком.

Места наклепа на щеках выбирают так, чтобы растянутые под его воздействием слои металла вызывали прогиб, направленный к восстановлению правильной формы вала. Этот способ позволяет править с точностью 0,02 мм. У выправленных таким способом коленчатых валов не наблюдается увеличение концентрации напряжений в опасных сечениях, поэтому их усталост-

ная прочность не снижается. Следует иметь в виду, что правку наклепом рекомендуется поручать рабочему высокой квалификации.

Для обнаружения трещин на шейках и галтелях чаще всего применяют метод магнитной дефектоскопии, используя для этого магнитный порошок или суспензию.

В качестве магнитного порошка используют прокатную или ковочную окалину, молотую чугунную стружку или отсепарированную наждачную пыль после шлифовки стальных деталей.

Магнитную суспензию приготовляют из трансформаторного масла (40% по объему), керосина (60%) и магнитного порошка из расчета 50 г на 1 л смеси.

Существует также другой состав магнитной суспензии, предложенный ГОСНИТИ, на основе керосина (г/л): кальцинированная сода — 10; калиевый технический хромпик — 5; эмульгатор — 5; магнитный порошок — 25—30; глицерин — 5.

При дефектоскопии вал посыпают сухим ферромагнитным порошком или поливают суспензией (допускается погружение вала в емкость с суспензией). Собираясь над дефектным участком, металлические частицы образуют на поверхности осадок порошка в виде «жилки», ширина которой может достигать 100-кратной ширины трещины. По такой группировке порошка определяют наличие, форму и месторасположение трещин.

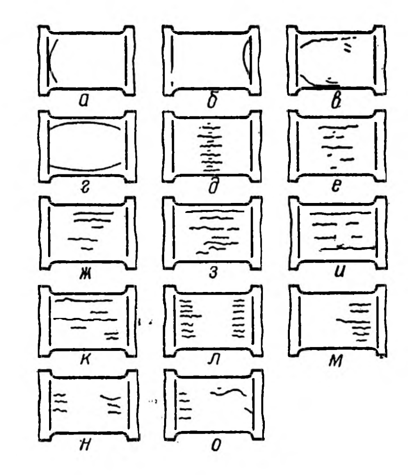
Наносят порошок или суспензию чаще всего после прекращения действия магнитного поля (контроль на остаточной намагниченности), реже — в присутствии магнитного поля (контроль в приложенном поле).

Для выявления трещин разного направления (поперечных, продольных) применяют различные способы намагничивания валов. Поперечные трещины лучше всего выявляют при продольном намагничивании, а продольные — при циркулярном намагничивании.

Продольное намагничивание проводят в поле электромагнита или соленоида, циркулярное — пропусканием через коленчатый вал переменного или постоянного тока большой величины (2000—3000 А). Возможно также комбинированное намагничивание, т. е. продольное и циркулярное, которое позволяет выявлять дефекты любого направления за один прием.

Рис. 4. Трещины на шатунных шейках коленчатых валов:

а и *б* — кольцевые; *в* и *г* — расположенные под углом; *д, е, ж, з, и, к* — продольные; *л, м, н* и *о* — продольные двух- и однорядные, расположенные на границе закаленного слоя металла.



Рабочий ток при циркулярном намагничивании приближенно можно определить по формуле:

$$I = (17-20)\,D,\ A,$$

где D — диаметр шейки, мм.

Для намагничивания шатунных шеек часто используют выносные контакты, которые плотно прижимают к щекам вала, размещая их вдоль оси шейки.

После магнитной дефектоскопии коленчатый вал размагничивают пропусканием через него тока с постепенным уменьшением его значения до нуля.

Коленчатые валы с трещинами, выходящими на галтели (рис. 4, *а, б, в, г, и, н, о*), чаще всего выбраковывают, их обычно бывает не более 2—3%. Коленчатые валы с трещинами, не выходящими на галтели (рис. 4, *д, е, ж, з, к, л, м*), подвергают наплавке, в процессе которой трещины завариваются и усталостная прочность вала не снижается.

При дефектоскопии коленчатых валов применяют как универсальные дефектоскопы (МЗД-2, МДП-2), так и специальные. Принципиальная схема стенда магнитной дефектоскопии коленчатых валов показана на рисунке 5. Стенд представляет собой стол, на котором укреплены призмы-ролики и два кронштейна с основными контактами *2* и *4*. Подвижный контакт *2* смонтирован на штоке пневмоцилиндра *1*, работающего от крана *18*. Внутри стола размещены: регулятор *10* тока, два масляных бака *6* и *12*, емкость *16* с электронасосом *17* для подачи суспензии. Для перемешивания суспензии к емкости при помощи крана *7* подводят сжатый воздух.

Суспензия подается из емкости по шлангу, на конце которого закреплен кран *3*. Сливается суспензия с

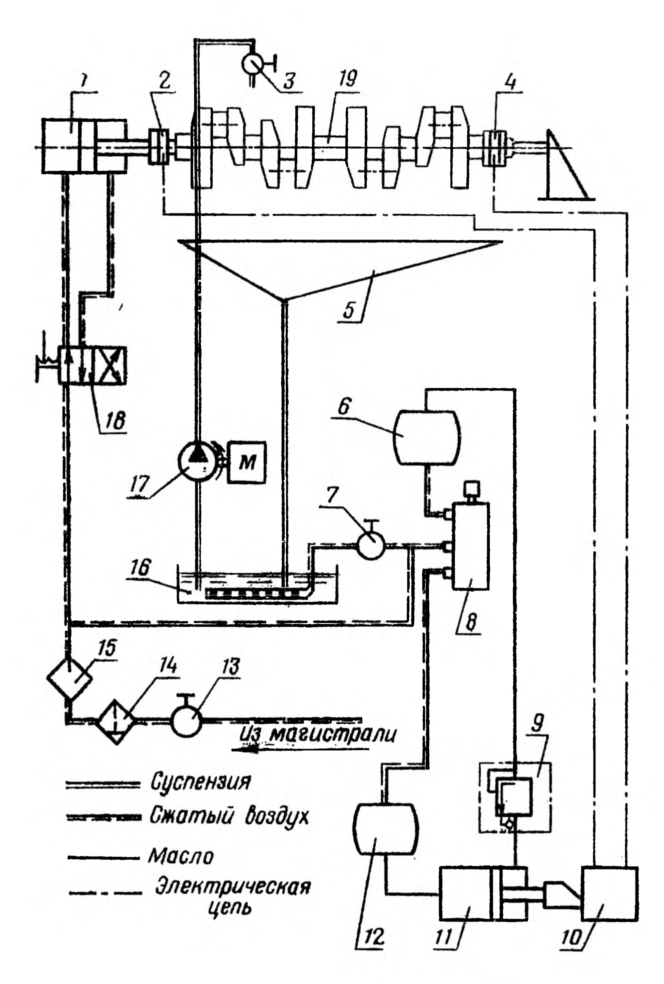


Рис. 5. Принципиальная схема стенда магнитной дефектоскопии коленчатых валов:

1 — пневмоцилиндр; *2* — подвижный основной контакт; *3* — кран включения суспензии; *4* — неподвижный основной контакт; *5* — ванна; *6* и *12* — масляные баки; *7* — воздушный кран; *8* — электропневматический кран; *9* — напорный золотник с обратным клапаном; *10* — регулятор тока; *11* — гидроцилиндр; *13* — вентиль; *14* — влагоотделитель; *15* — маслораспылитель; *16* — емкость для суспензии; *17* — электронасос для подачи суспензии; *18* — кран управления пневмоцилиндром; *19* — проверяемый коленчатый вал.

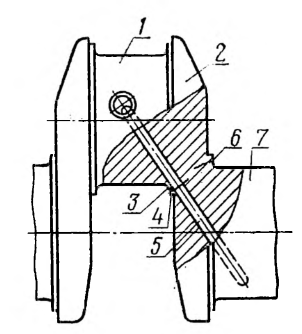


Рис. 6. Коленчатый вал с трещинами на галтелях шеек:

1 — шатунная шейка; 2 — щека; 3 — перемычка между галтелью и масляным каналом; 4 — трещина на галтели шатунной шейки; 5 — масляный канал; 6 — трещина на галтели коренной шейки; 7 — коренная шейка.

коленчатого вала *19* в ванну *5*, а из нее самотеком в емкость.

Подвижная часть регулировочного трансформатора (регулятора тока) соединена с гидроцилиндром *11*, который включается в действие при помощи электропневматического крана *8*. Скорость выдвижения подвижной части трансформатора регулируют напорным золотником *9* с обратным клапаном.

На боковой стенке стола смонтирована пневмоаппаратура: маслораспылитель *15*, влагоотделитель *14* и вентиль *13*.

Коленчатый вал устанавливают на ролики и зажимают между контактами. Включают силовой трансформатор, пропускают ток и коленчатый вал из шланга обливается суспензией. Дефектацию проводят в приложенном магнитном поле. Дефекты выявляют визуально. Для лучшего осмотра коленчатый вал поворачивают, трансформатор выключают и коленчатый вал размагничивается.

В некоторых случаях обнаружение трещин на галтелях методом магнитной дефектоскопии затруднено вследствие загрязнений участков с трещинами.

Если масляный канал проходит в непосредственной близости от галтели, то возникающая возле него трещина *4* (рис. 6) развивается по галтели шатунной шейки в обе стороны до 20—30 мм, затем распространяется в обе стороны по щеке *2* до ее краев. Возникновение трещины на галтели шатунной шейки приводит к образованию трещины *6* и на галтели коренной шейки, расположенной с противоположной стороны щеки. Обе трещины при этом развиваются навстречу одна к другой и встречаются примерно в средней части щеки.

В научно-исследовательском институте автомобильного транспорта (НИИАТ) разработана технология

восстановления коленчатых валов двигателей ЗИЛ-164 с трещинами на галтелях сваркой и механическим упрочнением заваренных участков (приложение 1). По этой технологии галтель около масляного канала обильно смачивают керосином, масляный канал с одной из сторон закрывают резиновой пробкой, а с другой в него пропускают сжатый воздух. Если на галтели есть трещины, то под действием сжатого воздуха из нее появляются мелкие брызги керосина и образуются пузырьки на всей ее длине. После обнаружения трещины ее обводят красной краской на щеке и шейке вала, не закрашивая трещину.

КОНТРОЛЬ ТВЕРДОСТИ ШЕЕК И СОРТИРОВКА КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

На заводах-изготовителях шейки закаливаются токами высокой частоты. Получаемая при этом твердость по глубине не постоянна и уменьшается при шлифовке на ремонтные размеры. Такое же явление наблюдается и у коленчатых валов, наплавленных под флюсом, легированным графитом и феррохромом. При переходе к третьему и более высоким ремонтным размерам появляются шейки с твердостью, не отвечающей техническим требованиям. Такие шейки обладают пониженной износостойкостью и меньшим сроком службы. Поэтому перед шлифовкой необходимо убедиться в том, что твердость шейки находится в требуемых пределах.

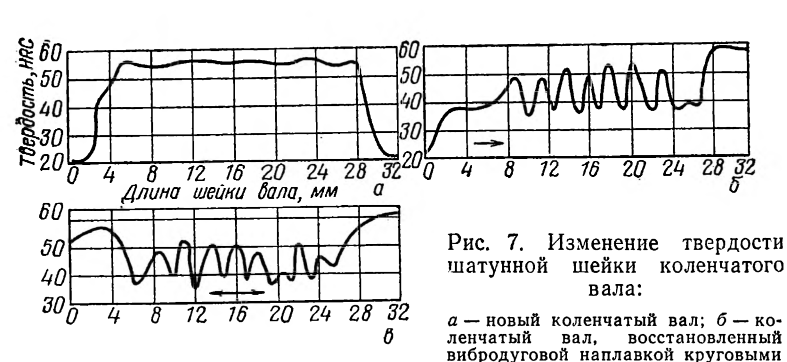


Рис. 7. Изменение твердости шатунной шейки коленчатого вала:

а — новый коленчатый вал; *б* — коленчатый вал, восстановленный вибродуговой наплавкой круговыми валиками от одной галтели к другой; *в* — коленчатый вал, восстановленный вибродуговой наплавкой круговыми валиками от середины шейки к галтелям (стрелками показано направление наплавки).

Допустимые пределы твердости для различных типов коленчатых валов приведены в таблице 1.

При определении твердости шеек пользуются методом Роквелла, используя для этого твердомер ТКП-1. Сущность метода заключается в том, что в исследуемую шейку вдавливается алмазный конус с углом у вершины 120°.

Для более точных измерений делают несколько наколов так, чтобы расстояние между центрами двух соседних отпечатков было не менее 3 мм. Следует иметь в виду, что твердость у галтелей может отличаться от твердости средней части шейки. На рисунке 7 показано изменение твердости шейки коленчатого вала. Непостоянство твердости обусловлено особенностями закалки токами высокой частоты или наплавки (если вал ранее уже наплавлялся). Поэтому при контроле твердости результаты замеров на расстоянии до 8 мм от галтели в расчет не следует принимать.

Заключительным этапом подготовительных операций является сортировка коленчатых валов по типам и размерным группам и окончательная выбраковка валов, не подлежащих ремонту (часть коленчатых валов выбраковывают в результате внешнего осмотра при приеме от заказчика, при правке и магнитной дефектоскопии).

Контроль-сортировку осуществляют на сортировочном столе, оборудованном необходимыми контрольными приспособлениями и инструментами.

Контролю подвергают: износ коренных и шатунных шеек, посадочных мест под распределительную шестерню, шкив и маховик, износ шпоночных канавок, посадочного места наружного кольца шарикоподшипника в торце вала, отверстий под болты крепления маховика, износ резьбы (в том числе и маслосгонной), торцовое биение фланца маховика. Допустимые без ремонта геометрические параметры коленчатых валов наиболее распространенных марок двигателей приведены в таблице 4.

Проверку начинают с тех параметров, по которым чаще других приходится выбраковывать вал.

Величину износа по тому или иному параметру определяют в месте наиболее интенсивного износа.

Максимальный износ шеек коленчатого вала наблюдается в местах прилегания к ним щек. Такая не-

равномерная на длине шейки выработка происходит вследствие неуравновешенных сил инерции вращающихся масс.

Диаметр наружных поверхностей в мастерских колхозов и совхозов контролируют при помощи штангенциркуля и реже микрометра, а внутренние размеры — штангенциркулем и индикаторным нутромером. Такой контроль малопроизводителен и требует сравнительно высокой квалификации контролера.

В специализированных ремонтных предприятиях для контроля и сортировки наружных цилиндрических поверхностей применяют калибры — скобы, а для контроля внутренних — калибры — пробки. Скобы и пробки имеют проходную и непроходную стороны, что позволяет быстро, без каких-либо отсчетов сортировать валы на группы ремонта. Для каждого типа коленчатых валов используют комплект скоб по количеству ремонтных размеров, предусмотренных для данного вала.

Износ шпоночных канавок контролируют при помощи шаблонов. Шпоночную канавку считают годной, если проходная сторона шаблона свободно входит в канавку, а непроходная не проходит. Такая шпоночная канавка не требует ремонта. Если же обе стороны (проходная и непроходная) входят в шпоночную канавку, то такая канавка подлежит ремонту: ее помечают красной краской.

Резьбу контролируют резьбовыми калибрами. Если необходимо восстановить или нарезать резьбу ремонтного размера, ее так же помечают красной краской.

Торцовое биение фланца проверяют индикатором, поворачивая вал в призмах. Если нужно устранить торцовое биение, торец помечают красной краской.

Практика ремонта коленчатых валов показывает, что не все контролируемые параметры нуждаются в восстановлении. Так, например, при исследовании коленчатых валов двигателя ГАЗ-51 было установлено, что в восстановлении посадочных мест под распределительную шестерню, шкив и маховик нуждается 18% валов, в восстановлении шпоночных канавок — 29, в восстановлении посадочного места под подшипник в торце вала — 6,1, в восстановлении отверстий под болты крепления маховика — 4,8, в восстановлении резьбы — 1,5, маслосгонной резьбы — 2,6%.

Таким образом, восстановление перечисленных па-

раметров носит несистематический характер. Именно поэтому поверхности, подлежащие восстановлению, при контроле помечают красным цветом.

Коренные и шатунные шейки в любом случае шлифуют под ремонтный размер или восстанавливают наплавкой. Поэтому основой для сортировки коленчатых валов служит состояние коренных и шатунных шеек.

В пределах одного вала все шатунные шейки необходимо шлифовать под один ремонтный размер. Это правило относится и ко всем коренным шейкам, хотя номер ремонтной группы коренных и шатунных шеек может не совпадать. Последнее обстоятельство требует определенного порядка при сортировке коленчатых валов. Если шатунные шейки обрабатывают в первую очередь, то и сортируют их по ремонтным размерам шатунных шеек независимо от номера ремонтной группы коренных шеек. Номер ремонтной группы коренных шеек проставляется краской на щеке первой коренной шейки.

После контроля на контрольно-сортировочном участке коленчатые валы (по типам) укладывают на передвижные стеллажи. Валы с шейками, подлежащими наплавке, укладывают на отдельные стеллажи. Для валов, шейки которых подлежат шлифовке под ремонтные размеры, предусмотрены стеллажи с количеством ярусов, соответствующим количеству ремонтных размеров для шатунных шеек. Такая сортировка валов по ремонтным размерам уменьшает количество переналадок оборудования и приборов контроля.

После шлифования шатунных шеек вал укладывают на тот же стеллаж, но не на старое место, а на ярус, который соответствует ремонтному размеру коренных шеек (согласно маркировке краской).

Таким образом, после шлифовки шатунных шеек коленчатые валы оказываются пересортированными на ремонтные размеры по коренным шейкам.

Выбракованные в процессе контроля коленчатые валы маркируют буквами «Бр», наносимыми красной краской на первой щеке. Такие валы изымают из технологического потока и направляют в металлолом.

Пригодные к ремонту рассортированные коленчатые валы направляют партиями для ремонта в соответствии с типом валов. Каждый укомплектованный стеллаж снабжают сопроводительной биркой, в которой

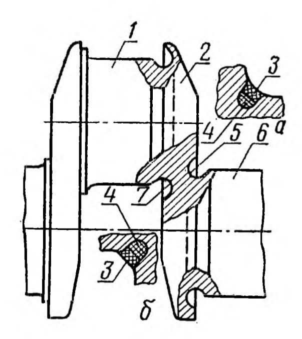


Рис. 8. Подготовка трещины на шейках коленчатого вала двигателя ЗИЛ-164 под заварку:

а — заваренная канавка на шатунной шейке; *б* — заваренная канавка на коренной шейке. *1* — шатунная шейка; *2* — щека; *3* — второй шов; *4* — первый шов; *5* — кольцевая канавка на коренной шейке; *6* — коренная шейка; *7* — кольцевая канавка на шатунной шейке.

указывают: тип коленчатого вала, общее количество валов, размерную группу и другие сведения, предусматриваемые техническими требованиями на ремонт.

ПОДГОТОВКА ТРЕЩИН К ЗАВАРКЕ

Для уменьшения коробления коленчатого вала при подготовке трещины к заварке металл выплавляют на всей длине трещины в приспособлении. Размеры выплавленной канавки: глубина 7—8 мм, ширина 8—9 мм.

Металл выплавляют пламенем газосварочной горелки 1С-53 с наконечником № 3.

Трещины на галтелях шатунных шеек можно также протачивать на токарном станке 1К62, делая на галтели кольцевую канавку глубиной 6—7 мм и шириной 8—9 мм (рис. 8). Канавку протачивают специальным резцом, заточенным по форме канавки.

Металл под заварку на участке с обнаруженной трещиной необходимо удалять на обеих щеках, т. е. на шатунной и на коренной, так как на коренной шейке не всегда обнаруживается возникшая на ней трещина. Кроме того, при наложении шва только на одну галтель шатунной шейки коленчатый вал деформируется, изгибаясь в сторону сварного шва. Величина изгиба достигает иногда 5—8 мм, что недопустимо. Такие коленчатые валы при правке ломаются.

ИЗГОТОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ РЕМОНТНЫХ РАЗМЕРОВ

Изношенное отверстие под подшипник вала муфты сцепления чаще всего восстанавливают расточкой и запрессовкой в него втулки ремонтного размера (рис. 9). Размеры втулок коленчатых валов двигателей

наиболее распространенных марок приведены в таблице 5.

Втулки в мастерских колхозов и совхозов изготовляют на токарных станках типа 1К62, при массовом ремонте — на токарно-револьверных станках.

Материалом для изготовления втулок служит прокат или толстостенная труба из углеродистой стали 45.

При обработке втулок из прутка на токарно-револьверном станке придерживаются следующего технологического процесса.

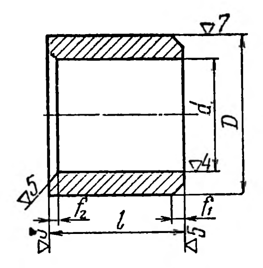


Рис. 9. Втулка для восстановления изношенного отверстия под подшипник вала муфты сцепления.

1. Подрезка торца у прутка, подача прутка до упора, центровка под сверление, сверление отверстия и обтачивание наружной поверхности, растачивание или зенкерование отверстия и обтачивание наружной поверхности со снятием внутренней фаски на свободном торце, черновое и чистовое развертывание и отрезка.
2. Снятие фаски с противоположного торца втулки на токарном станке.
3. Шлифование наружной поверхности на кругло-шлифовальном или бесцентрово-шлифовальном станке.

При изготовлении втулок из трубы вместо сверления применяют зенкерование или растачивание отверстия; в остальном процесс не отличается от обработки втулки из прутка.

Окончательно обрабатывают отверстие втулки под подшипник тонким растачиванием после ее запрессовки во фланец коленчатого вала.

Таблица 5. **Размеры втулок, мм**

Марка двигателя	D	d	l	f_1	f_2
ГАЗ-51, ГАЗ-53	$44^{+0,11}_{+0,06}$	$35^{+0,1}$	$15_{-0,2}$	1,5×30°	2×45°
ЗИЛ-120, ЗИЛ-130, А-01М, СМД-14А, СМД-60	$57^{+0,13}_{+0,08}$	$47^{+0,1}$	$18_{-0,2}$	2×30°	2×45°
Д-21, Д-37М	$52^{+0,13}_{+0,08}$	$42^{+0,1}$	$17_{-0,2}$	2×30°	2×45°

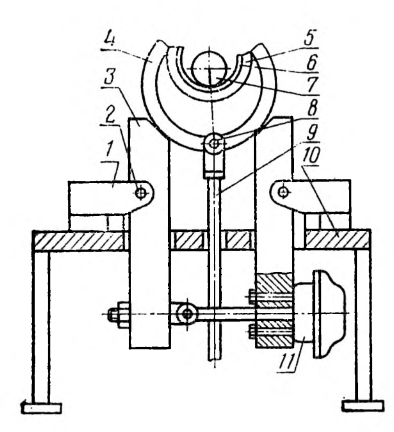


Рис. 10. Схема станка для формирования оболочек:

1 — кронштейн; *2* и *8* оси; *3* — рычаг; *4* — разъемное кольцо; *5* — резина; *6* — оболочка; *7* — шейка коленчатого вала; *9* — тяга; *10* — плита; *11* — пневмокамера.

При восстановлении наплавкой шеек чугунных коленчатых валов применяют оболочки из малоуглеродистой листовой стали разных марок. Вполне пригодным материалом для изготовления оболочек оказалась декапированная сталь.

Толщина оболочки должна быть такой, чтобы в наплавленном металле не было пор и трещин и чтобы он хорошо и надежно был сплавлен с основным металлом шейки. Оптимальной толщиной оболочек из декапированной малоуглеродистой стали является толщина 0,8—0,9 мм. При толщине оболочек меньше 0,8 мм увеличивается глубина проплавления и появляются поры. При толщине оболочки больше 0,9 мм возможен непровар оболочки и несплавление ее с основным металлом.

Размеры заготовок для оболочек определяют по следующим формулам.

Длина заготовки:

$$L = \pi d + 2{,}25h,$$

где d — диаметр наплавляемой поверхности шейки, мм;

h — толщина оболочки, мм.

Ширина оболочки:

для шеек с двумя галтелями

$$l = m - 2r;$$

для шеек с одной галтелью

$$l = m - r,$$

где m — длина шейки, мм;

r — радиус галтели, мм.

Пример. Для наплавки коренной шейки коленчатого вала двигателя М-21, прошлифованной перед наплавкой до диаметра

62 мм, необходимо вырезать заготовку для оболочки из листовой стали толщиной 0,8 мм. Требуется рассчитать длину и ширину заготовки.

Длина заготовки:

$$L = 3,14 \cdot 62 + 2,25 \cdot 0,8 = 196,5 \text{ мм}.$$

Ширина заготовки при длине шейки $l = 40$ мм и радиусе галтели $r = 1,2$ мм:

$$l = 40 - 2 \cdot 1,2 = 37,6 \text{ мм}.$$

Шатунные шейки коленчатого вала двигателя ГАЗ-21, предназначенные для наплавки, шлифуют до диаметра 56 мм и коренные — до диаметра 62 мм.

Размеры заготовок для оболочек коленчатого вала двигателя ГАЗ-21 приведены в таблице 6.

Таблица 6. **Размеры заготовок для оболочек коленчатого вала двигателя ГАЗ-21**

Шейки	Размеры оболочек, мм		
	толщина	длина	ширина
Шатунные	0,9	167,9	33,7
Коренные:			
1-я, 2-я, 3-я и 4-я	0,9	196,7	37,9
5-я	0,9	196,7	42,9

Заготовки оболочек должны быть без заусенцев на краях, без вмятин и перегибов. Резать листы на заготовки оболочек можно гильотинными ножницами.

Для плотного прилегания оболочек к шейкам перед наплавкой оболочки формируют под прессом или на специальном станке (рис. 10).

Глава 3

ЗАВАРКА, НАПЛАВКА И ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Среди существующих способов восстановления автотракторных деталей наибольшее распространение получили заварка и наплавка. Так, на ремонтных предприятиях системы «Сельхозтехника» при восстановлении деталей применение способов распределяется следующим образом: наплавка и заварка — 70%, примене-

ние ремонтных размеров — 12, электролитические покрытия — 8, ремонт при помощи полимерных материалов — 6 и другие способы — 4%.

Из анализа работ, выполненных Государственным автомобильнодорожным научно-исследовательским институтом Министерства автотранспорта УССР следует, что только электродуговые способы наплавки обеспечивают достаточно высокую усталостную прочность. Коленчатые валы, восстановленные различными способами электродуговой наплавки, часто не уступают новым валам по износостойкости.

В практике ремонтного производства используют ручные, механизированные и автоматические способы заварки и наплавки. Широкое распространение в ремонтном деле получили механизированные способы заварки и наплавки, такие, как автоматическая наплавка под слоем флюса; вибродуговая наплавка в различных средах, в том числе в жидкости, углекислом газе, водном паре, потоке воздуха, в водно-кислородной среде — пене; аргонно-дуговая сварка, плазменная наплавка (напыление).

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЗАВАРКИ И НАПЛАВКИ

Для питания сварочной дуги может служить как постоянный, так и переменный ток.

Для получения постоянного тока используют сварочные преобразователи и выпрямители. Агрегаты могут быть однопостовые, которые питают током только одну дугу, и многопостовые, применяемые для питания нескольких дуг.

Однопостовый агрегат состоит из генератора постоянного тока и двигателя, в качестве которого применяют обычно электродвигатель переменного тока. Ротор электродвигателя и якорь генератора размещены на одном валу, а корпус агрегата является общим для электродвигателя и генератора. Основные технические характеристики однопостовых сварочных агрегатов приведены в таблице 7.

Перед запуском агрегата проверяют заземление корпуса, надежность контактов, техническое состояние щеток и коллектора. Полированная поверхность коллектора и контактных колец должна быть блестящая, без царапин и выбоин.

Таблица 7. Основные технические характеристики однопостовых сварочных агрегатов

Тип агрегата	Рабочее напряжение, В	Номинальный сварочный ток, А	Пределы регулирования тока, А	Мощность электродвигателя, кВт	Внешняя вольтамперная характеристика	Исполнение
ПСО-120	25	120	30—120	4	Падающая	Однокорпусный на колесах
ПСО-300	30	300	75—320	14	»	То же
ПСО-500	40	500	120—600	28	»	» »
ПСО-800	40	—	—	55	»	Однокорпусный стационарный
ПС-500	40	500	120—600	28	»	Однокорпусный на колесах
ПСГ-350	30	350	50—350	14	Жесткая	То же
ПСГ-500	35	500	50—500	28	»	» »

При работе сварочного агрегата нагрев подшипников и обмоток не должен превышать допустимой величины, подшипники не должны стучать, а коллектор не должен искрить. При обнаружении таких неисправностей необходимо прекратить эксплуатацию агрегата и устранить дефекты.

После окончания работы протирают коллектор чистой сухой тряпкой и продувают агрегат сжатым воздухом.

1—2 раза в неделю коллектор очищают чистой тряпкой, смоченной бензином. При обнаружении на поверхности нагара коллектор шлифуют (зачищают) тонкой шлифовальной шкуркой.

Не менее 1 раза в месяц подшипники скольжения промывают и заливают в них чистую смазку. Подшипники качения промывают и смазывают не реже 3 раз в год.

Для питания сварочной дуги постоянным током применяют и сварочные выпрямители. Они состоят из трансформатора и полупроводникового выпрямителя (селенового, кремниевого или германиевого).

Сварочные выпрямители обладают следующими преимуществами по сравнению с обычными сварочными агрегатами: меньшая масса, нет вращающихся час-

Таблица 8. **Неисправности сварочных агрегатов и способы их устранения**

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения
Генератор не дает напряжения	1. Якорь генератора вращается в обратную сторону. 2. Загрязнен коллектор. 3. Разомкнута цепь возбуждения	1. Изменить направление вращения якоря генератора 2. Очистить коллектор. 3. Проверить плотность прилегания щетки реостата к контактам
Нагрев подшипников	1. Густое или грязное масло. 2. Мало масла. 3. Не вращается смазочное кольцо	1. Заменить масло. 2. Долить масло. 3. Промыть подшипник или заменить его кольцо
Перегрев агрегата	1. Чрезмерная нагрузка. 2. Короткое замыкание между витками якоря	1. Уменьшить нагрузку. 2. Устранить замыкание
Нагрев коллектора	Загрязнен коллектор	Очистить коллектор
Электродвигатель трудно запускается и развивает только половину нормального числа оборотов в минуту	Разрыв в одной фазе обмотки ротора или в сопротивлениях пускового реостата	Устранить разрыв
Искрение щеток и образование нагара на пластинах коллектора	1. Плохо отшлифованы щетки. 2. Заедание или слишком свободное перемещение щетки в щеткодержателе. 3. Загрязнен коллектор. 4. Выступание слюды между пластинами	1. Отшлифовать щетки. 2. Устранить заедание или свободное перемещение щетки. 3. Промыть коллектор бензином или прошлифовать. 4. Устранить выступание слюды

Продолжение

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения
Обгорание пластин коллектора	Биение коллектора	Прекратить работу агрегата и отправить его в ремонт
Искрение щеток сопровождается нагаром на отдельных пластинах коллектора	Выступание пластин	При небольшом выступании пластин прошлифовать их, при большом — отправить агрегат в ремонт
Искрение щеток и сильный нагар в одном месте коллектора	Обрыв или плохая пайка в обмотке якоря	Прекратить работу агрегата и отправить его в ремонт

тей, малые габариты и стоимость, высокий коэффициент полезного действия (см. табл. 27).

При питании дуги от источника постоянного тока следует принимать во внимание полярность. **Прямой полярностью** называют такое соединение, когда минусовая клемма источника питания соединена с электродом, а плюсовая — с деталью.

При обратном соединении получают обратную полярность. Полярность тока имеет большое практическое значение. Например, вести сварку угольным электродом можно только на прямой полярности, так как применение обратной полярности ухудшает устойчивость горения дуги и вызывает науглероживание металла шва.

В процессе эксплуатации сварочного оборудования необходимо своевременно устранять неисправности.

Неисправности сварочных агрегатов и способы их устранения приведены в таблице 8.

Для питания сварочной дуги переменным током используют сварочные трансформаторы, которые могут быть одно- и многопостовыми.

Для восстановления деталей наплавкой на ремонтных предприятиях обычно применяют изношенные токарные станки, которые подвергают ремонту и модернизации. Модернизация заключается в том, что поднимают бабки станка, устанавливают редуктор, на-

плавочное оборудование и заменяют передачу к ходовому винту. Редуктор должен сообщать шпинделю станка минимальную частоту вращения (0,5—1,5 об/мин).

Следует иметь в виду, что при наплавке деталей под слоем флюса на модернизированных токарных станках флюс попадает на станину, что приводит к интенсивному ее износу; на флюс попадает смазка от станка, а это ухудшает качество наплавки. При вибродуговой наплавке усложнен отсос газов и сбор охлаждающей жидкости.

При выполнении автоматической наплавки деталей под слоем флюса на токарных станках для подачи проволоки применяют головки сварочных полуавтоматов ПШ-5-1, ПШ-54 и ПДШМ-500. При этом шланг для подачи проволоки заменяют мундштуком. Но чаще всего при наплавке коленчатых валов под слоем флюса на токарные станки устанавливают специализированные автоматы — головки А-580М и другие конструкции головок Института электросварки им. Е. О. Патона.

Для питания наплавочных установок током применяют сварочные агрегаты ПСГ-500, селеновые выпрямители ВС-300 и другие электропреобразователи (см. табл. 7).

Институтом электросварки им. Е. О. Патона разработана серия станков со специальными наплавочными аппаратами для наплавки поверхностей деталей.

Из разработанной серии станок У-651 предназначен для наплавки наружных поверхностей валов и шлицев. Диаметр отверстия шпинделя—80 мм. На станке можно наплавлять валы диаметром до 80 мм и длиной более 1300 мм. Станок рассчитан также на наплавку валов диаметром до 150 мм и длиной менее 1300 мм, однако высота центров позволяет устанавливать детали диаметром до 500 мм и длиной менее 1300 мм. Для наплавки коленчатых валов необходимо оснастить станок центросместителями. Станок позволяет наплавлять поверхности порошковой проволокой и открытой дугой, одной или двумя дугами от одного источника питания.

Конструкция станка обеспечивает возможность наплавки под слоем флюса. Для этого необходимо дополнительно установить флюсоаппарат. Частота вращения шпинделя 0,03—10,4 об/мин.

Станок У-652 предназначен для наплавки коленча-

тых валов. Он оборудован центросместителями *8* и *9* (рис. 11) и механизмом, позволяющим наплавлять галтели и шейки коленчатого вала в автоматическом режиме. Механизм настраивают на типоразмер шейки профилированием специального кулачка.

В таблице 9 приведены основные технические характеристики наплавочных станков.

Для вибродуговой наплавки можно использовать токарные станки типа 1А62, 1Д63А или переоборудованные токарно-револьверные станки.

Наплавочную головку устанавливают на суппорт и надежно изолируют от массы станка установкой прокладки из изолирующего материала (винипласт, гетинакс). Крепежные болты тоже изолируют при помощи шайб и втулок.

К станкам для наплавки предъявляют следующие требования:

несоосность центров не более 0,1 мм;

равномерность вращения шпинделя на всех режимах;

равномерность хода суппорта на применяемых продольных подачах (без зазора).

Переоборудование станка под вибродуговую наплавку валов заключается в понижении частоты вращения шпинделя для обеспечения пределов числа обо-

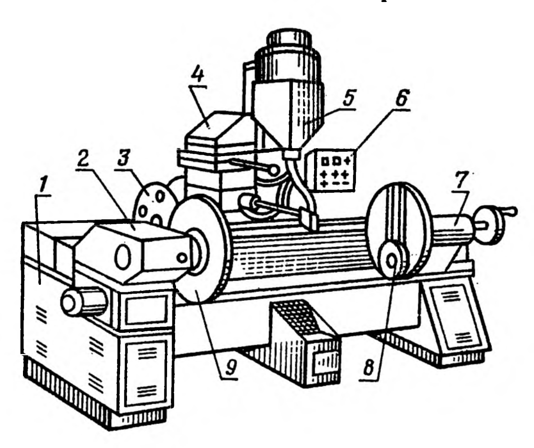


Рис. 11. Станок У-652 для наплавки коленчатых валов:

1 — станина; *2* — передняя бабка; *3* — катушка для наплавочной проволоки; *4* — наплавочный аппарат; *5* — флюсоаппарат; *6* — пульт управления; *7* — задняя бабка; *8* и *9* — центросместители.

Таблица 9. **Основные технические характеристики наплавочных станков**

Показатели	Марка станка			
	У-465	У-427	У-651	У-652
Наплавляемый вал:				
диаметр наплавляемой поверхности, мм	25—150	40—100	20—150 (500)	До 100
длина, мм	2000	1800	1300	1300
масса, кг	—	—	До 150	До 150
Способы наплавки проволокой диаметром, мм:				
под слоем флюса	—	1,6—2,0	—	1,0—2,0
порошковой	2,0—2,8	2,0—2,8	2,0—3,0	2,0—2,5
Наплавочный аппарат:	А-1246	А-1262	А-1408	А-1409
ток, А	До 600	До 600	500	300
скорость подачи электрода, м/ч	24—240	24—240	50—500	50—500
поперечная корректировка электрода, мм	—	—	±35	±35
продольная корректировка электрода, мм	—	—	±35	±35
Перемещение аппарата:				
линейное (вдоль оси станка), мм	2000	1800	1300	1300
скорость рабочая (ступенчатая регулировка), м/ч	20—80	20—80	0,5—150	0,5—150
шаг наплавки, мм/об	2,0—12,0	2,0—12,0	3,0—20,0	3,0—20,0
Габаритные размеры, мм:				
длина	2330	3000	2720	2720
ширина	520	1330	1800	1800
высота	1120	2980	2050	2900
Масса, кг	880	1783	1580	1630

ротов 0,5—20 в минуту; в увеличении высоты центров и установке токопроводящего приспособления (например, специальных центросместителей).

Для понижения числа оборотов шпинделя используют стандартные червячные редукторы РЧН-80 с передаточным числом i=20—40, а также автомобильные коробки передач (ГАЗ-51, ЗИЛ-150), клиноременные вариаторы и другие устройства.

Высота центров станка должна быть не менее 200 мм. Если она меньше, то под переднюю и заднюю бабки станка устанавливают прокладки необходимой

толщины. При этом необходимо дополнительно установить промежуточную шестерню в коробке передач для передачи движения к суппорту станка.

В зависимости от среды, в которой проводят вибродуговую наплавку (жидкость, воздух, кислород, водяной пар, углекислый газ и т. д.), наплавочную установку оборудуют устройствами для хранения (выработки) и подвода к дуге той среды, в которой ведется процесс наплавки.

В качестве источников питания дуги применяют сварочные агрегаты ПСГ-500, ПСО-500 (см. табл. 7) или выпрямители ВСУ-300, ВС-400 и др.

Для ведения вибродуговой наплавки на переменном токе используют сварочные трансформаторы СТЭ-24 и СТЭ-34 с отдельным дросселем.

Вибродуговая наплавка требует меньшее напряжение, поэтому от вторичной обмотки трансформатора делают несколько отпаек, чтобы можно было использовать выбранное напряжение в пределах 18—28 В. Отводы при помощи медных шин выводят на панель из изоляционного материала (текстолит), надежно фиксируют и маркируют.

При вибродуговой наплавке необходимо включать в сварочную цепь дроссель (регулятор). Наплавка без дросселя при использовании любого из рассмотренных источников тока сопровождается увеличением потерь на разбрызгивание (до 30—40%), ухудшением сплавления основного и наплавляемого материала и снижением стабильности процесса. Хорошие результаты достигаются при использовании в качестве индуктивного сопротивления дросселей РСТЭ-24 или РСТЭ-34 от сварочных трансформаторов СТЭ-24 и СТЭ-34.

При выборе режима наплавки устанавливают оптимальную величину индуктивности. Ее подбирают включением различного количества витков дросселя. Для этого, так же как и у трансформатора, делают отводы от витков дросселя так, чтобы можно было включать любое число витков в пределах от 2 до 20.

Для вибродуговой наплавки металла применяют различные наплавочные головки ГМВК-2М конструкции ГОСНИТИ с механическим вибратором. К серийным головкам (ГМВК-1, ГМВК-2) прилагают комплект сменных мундштуков, предназначенных для наплавки коленчатых валов.

Для вибродуговой наплавки порошковой проволокой можно использовать головку ОКС-6569 конструкции Сибирского филиала ГОСНИТИ.

Максимальная производительность головки при наплавке в струе жидкости и углекислом газе — 2,6 кг в час, а открытой дугой — 3,3 кг в час. Скорость подачи проволоки от 0,5 до 45 м в мин, напряжение дуги от 15 до 20 В, величина тока от 100 А (в углекислом газе) до 400 А (открытой дугой). Габаритные размеры — 750×300×700 мм. Масса — 70 кг. Мощность электродвигателя — 0,4 кВт.

ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ ЗАВАРКА И НАПЛАВКА

Ручную заварку применяют для восстановления шпоночных пазов и отверстий в коленчатых валах. Для этого используют трансформаторы СТН-350 и СТН-500 переменного тока или сварочные агрегаты ПСО-300, ПСО-500 постоянного тока. Для закрепления наплавочных электродов применяют различные электрододержатели с гибким проводом длиной не менее 2 м. Чаще всего используют электрододержатель ЭМ-2АВТУ-НКЭП. Кроме того, необходимо иметь щиток или шлем, пассатижи, металлическую щетку, молоток и зубило. Гибкий провод применяют марок ПРГ (ГОСТ 1977—43) и ПРГН. В зависимости от величины сварочного тока сечение провода подбирают в соответствии с данными таблицы 10.

Таблица 10. **Сечение сварочных проводов в зависимости от тока**

Наибольший допустимый ток, А	Сечение провода, мм²	
	одинарного	двойного
200	25	—
300	50	2×16
450	70	2×25
600	95	2×35

Щитки и шлемы изготовлены из прочного легкого материала (чаще из фибры). Щиток снабжен ручкой, а шлем ремнем или обручем для надевания на голову.

В качестве защитных средств при заварке используют стекло марки ТСЗ (ГОСТ 9497—60). Стекла об-

ладают различной прозрачностью. Наиболее темное — Э-4 применяют при токе свыше 400 А; Э-3 — при токе до 400 А; Э-2 — при токе до 220 А и наиболее светлое — при токе 75 А.

Снаружи защитное стекло прикрывают простым бесцветным стеклом для предохранения от брызг расплавленного металла.

Техника ручной заварки ремонтируемых деталей сложна. Большое влияние на качество заварки оказывает длина дуги. Возбуждают дугу касанием электрода к завариваемому коленчатому валу.

После возбуждения дуги нужно поддерживать постоянную длину дуги, медленно опуская электрододержатель по мере расплавления электрода. Заварку желательно вести короткой дугой. Электроды выбирают в соответствии с материалом восстанавливаемых коленчатых валов и требованиями к наплавленному металлу. Для восстановления коленчатых валов на ремонтных предприятиях используют, например, электроды Э-50А (Э-42) диаметром 3 мм, УОПИ 13/55 (ГОСТ 9467—60) при режиме заварки: постоянный ток обратной полярности 160—180 А, напряжение 12—26 В.

Для предотвращения деформаций после разделки трещин канавки заваривают в специальном растягиваю-

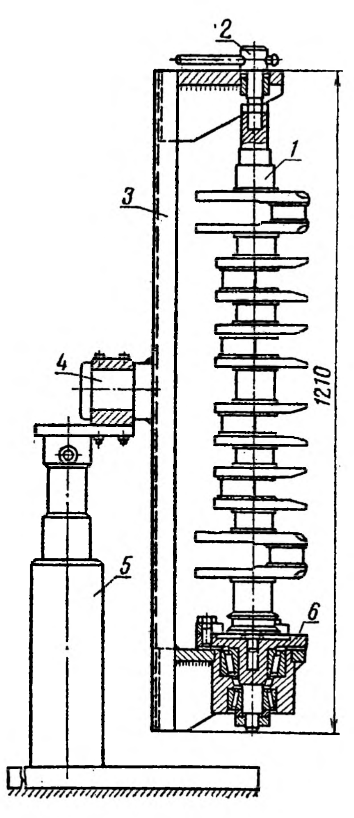


Рис. 12. Приспособление для заварки трещин на коленчатых валах двигателей ЗИЛ-164:

1 — коленчатый вал; *2* — винт с рукояткой для растягивания коленчатого вала перед сваркой; *3* — поворотное основание для установки коленчатого вала; *4* — ось поворота основания; *5* — телескопический гидроподъемник для установки коленчатого вала на необходимую высоту; *6* — опора с подшипниками и прижимами для крепления фланца коленчатого вала.

щем приспособлении (рис. 12), конструкция которого разработана НИИАТ для коленчатых валов двигателей ЗИЛ-164.

При заварке трещин необходимо соблюдать такую последовательность операций: подготовка галтелей (разделка трещин) на прилегающих коренных шейках на токарном станке; установка вала в приспособлении (рис. 12); заварка кольцевых канавок на коренных шейках (см. рис. 8); подготовка (разделка) газокислородной горелкой трещин на шатунных шейках и заварка канавок при помощи ручной электросварки.

Канавки заваривают электродом МР-3, тип 346-Т (ГОСТ 9467—60) или электродом ОЗС-4 тех же ГОСТ и типа. Диаметр электродов — 4 мм. При заварке указанными электродами в два прохода в наплавленном металле не возникают трещины.

Перед заваркой трещин в масляные каналы вставляют графитовые или глиняные стержни и заваривают канавки в два прохода. Заплавлять кольцевые канавки начинают с наружной стороны колен.

Примерно половина изношенных коленчатых валов пригодна для шлифования под ремонтный размер. У таких валов при заварке трещин происходит нагрев и отпуск шеек, поэтому после удаления металла шлифованием или обтачиванием усиления швов шейки необходимо наплавлять под легирующим флюсом для восстановления необходимой твердости и свойств металла шеек. Затем валы правят так, чтобы биение их было в пределах 0,1—0,15 мм. После этого шейки шлифуют до ближайшего ремонтного размера.

Полностью изношенные коленчатые валы после заварки трещин, правки и удаления усилений швов наплавляют под легирующим флюсом. После полной механической обработки металл галтелей в местах заварки трещин упрочняют.

В практике ремонта и восстановления автотракторных коленчатых валов все большее применение находят автоматические способы наплавки изношенных поверхностей. При наплавке шеек коленчатые валы устанавливают так же, как и при механической обработке.

Механизированные способы наплавки применяют при восстановлении большого количества автотракторных коленчатых валов как стальных, так и чугунных. При механизированных способах наплавки благодаря приме-

нению легирующих флюсов и электродных материалов можно получать наплавленный металл с требуемыми механическими свойствами без применения термообработки, вследствие чего упрощается технологический процесс и удешевляется стоимость восстанавливаемых валов.

Стальные коленчатые валы наплавляют пружинной проволокой 2-го класса (ГОСТ 9389—60) под легирующим флюсом, содержащим 100 массовых частей флюса АН-348А (ГОСТ 9087—59); 2 части феррохрома № 6 и 2,5 части графита. Для предотвращения сепарации все компоненты склеивают жидким стеклом. Наплавленный металл после охлаждения на воздухе обладает твердостью HRC 56—62 и содержит 0,6% углерода, 1,5% марганца и 1,3% хрома.

В зависимости от материала и типоразмеров коленчатых валов состав наплавочной проволоки и легирующего флюса может изменяться.

Например, при наплавке коленчатых валов из магниевого высокопрочного чугуна с шаровидным графитом ВЧ 50-1,5, ГОСТ 7293—54 (двигатели ГАЗ-53, ГАЗ-21А и др.) под слоем флюса по стальной оболочке для обеспечения содержания углерода в наплавленном металле 0,6—0,8% во флюс АН-348А вводят 4% графита и до 3,5% феррохрома № 6. По данным НИИАТ, из легирующих элементов предпочтительнее применять хром, так как другие аналогично действующие элементы вызывают образование трещин.

АВТОМАТИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДУГОВАЯ НАПЛАВКА ПОД СЛОЕМ ФЛЮСА

Способ разработан Институтом электросварки им. К. О. Патона Академии наук УССР. Процесс наплавки происходит при горении дуги между электродом и деталью под слоем сыпучего флюса, покрывающего ванночку расплавленного металла, благодаря чему доступ кислорода и азота воздуха к расплавленному металлу ограничивается.

Легирующие флюсы и процесс наплавки

Чаще всего в ремонтном производстве применяют высококремнистый флюс АН-348А, который легирует наплавляемый металл кремнием и марганцем. Добавкой

в него различных ферросплавов можно легировать наплавляемый слой хромом, никелем и другими элементами. Например, для наплавки коленчатых валов используют легирующий флюс следующего состава (для получения 100 частей флюса): 92 части флюса АН-348А, 2 части феррохрома Хр-I или Хр-II, 2,5 части графита, 3,5 части жидкого стекла (по массе). Компоненты тщательно перемешивают и прокаливают в течение 3 ч при 450° С.

Повышение твердости наплавляемого металла можно достигнуть применением рекомендованного ГОСНИТИ металлосодержащего флюса. Для получения его к флюсу АН-348А добавляют чугунную стружку (15—25%) и порошкообразные ферросплавы (5—10%). Такой флюс позволяет при наплавке малоуглеродистой проволокой Св-08 (ГОСТ 2246—70) получать слой твердостью до НВ 500.

Применяют также керамический флюс АНК-18. Этот флюс позволяет при наплавке проволокой Св-08 получать равномерную структуру, малые внутренние напряжения, твердость наплавленного слоя до НВ 500.

Твердость шеек коленчатых валов, наплавленных под слоем флюса АНК-18, после механической обработки составляет HRC 48—52. Коленчатые валы, восстановленные наплавкой под слоем флюса АНК-18, не уступают по износостойкости новым деталям.

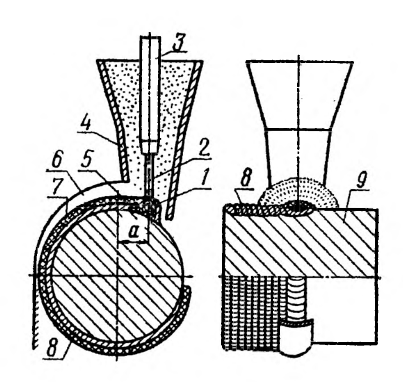
Высокими технологическими и металлургическими свойствами обладают разработанные Горьковским политехническим институтом флюсы ФРИГ, изготовляемые на основе флюорита, рутила, извести и глинозема. Эти флюсы обеспечивают стабильное горение дуги, хорошее формирование, а также микролегирование наплавляемого металла титаном и модифицирование его структуры, высокую стойкость против образования пор и трещин. Стойкость металла против образования трещин при использовании флюса ФРИГ повышается на 45%, а ударная вязкость (сталь 40) — в 1,8 раза по сравнению со сваркой под флюсом АН-348А.

Улучшение показателей технологической прочности и механических свойств наплавляемого металла при использовании новых флюсов позволяет повысить скорость сварки и наплавки в 1,6—1,8 раза.

На рисунке 13 показана схема процесса наплавки под слоем флюса.

Рис. 13. Схема наплавки шейки коленчатого вала под слоем флюса:

а — смещение электрода от зенита; *1*—электродуга; *2*—электродная проволока; *3* — направляющий мундштук; *4* — мундштук для флюса; *5* — ванночка жидкого металла; *6* — флюс; *7* — шлаковая корка; *8* — наплавленный металл; *9* — деталь.



В процессе наплавки слоя металла относительное перемещение детали и электрода получают при помощи механизмов наплавочной установки. Такой установкой может быть токарный станок, оборудованный понижающим редуктором и наплавочной головкой А-580М, А-409, А-547.

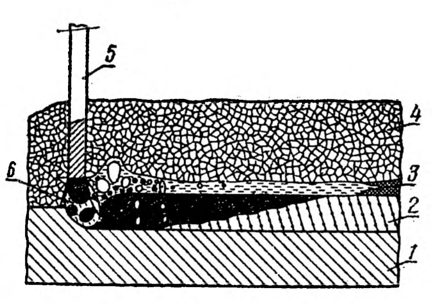
При автоматической наплавке шеек коленчатого вала при его вращении расплавленный металл электродной проволоки формируется в винтовые валики, которые перекрывают один другого примерно на одну треть.

Схема зоны наплавки под флюсом показана на рисунке 14.

Улучшение условий кристаллизации и отсутствие кислородно-азотных соединений при наплавке под флюсом способствуют получению наплавленного металла с высокими прочностными свойствами. Большая плотность тока при заварке и наплавке способствует глубокому проплавлению детали и увеличению доли основного металла в наплавленном. В наплавленном слое при этом содержится примерно 65% основного и 35% элект-

Рис. 14. Схема зоны наплавки под слоем флюса:

1 — деталь; *2* — наплавленный металл; *3* — расплавленный шлак; *4* — флюс; *5* — электрод; *6* — электродуга.



родного металла, поэтому часто можно наплавлять малоуглеродистой стальной проволокой коленчатые валы, изготовленные из сталей с повышенным содержанием углерода, без опасения появления в них трещин.

Наплавка стальных коленчатых валов

Для восстановления стальных коленчатых валов применяют главным образом два способа наплавки: 1) под слоем легирующего флюса (технология НИИАТ, ГОСНИТИ); 2) под флюсом АН-348А пружинной проволокой II класса с последующей термической обработкой (технология КазНИПИАТ) или проволокой Св30ХГСА (технология Саратовского политехнического института — СПИ).

Под слоем легирующего флюса наплавляют высокоуглеродистой проволокой ОВС или пружинной II класса (ГОСТ 9389—60). Для улучшения отделяемости шлаковой корки и уменьшения трудоемкости изготовления легирующего флюса графит и феррохром смешивают с половиной стандартного флюса АН-348А, увеличивая затем количество флюса в 2 раза. Например, 20 кг флюса готовят следующим образом. В два противня засыпают по 10 кг флюса АН-348А. В один из противней добавляют 400 г феррохрома № 6, 500 г графита и 0,5 л жидкого стекла; все перемешивают. Оба противня помещают в печь и выдерживают в течение 2,5—3 ч при 400—450°С. После охлаждения на воздухе склеенную жидким стеклом смесь одного противня дробят и просеивают через сито с 9 отверстиями на 1 см². Затем перемешивают флюс из обоих противней и получают легирующий флюс.

Плохо перемешанный флюс не обеспечивает получения наплавленного металла с равномерной структурой и твердостью, а недостаточно прокаленный флюс вызывает образование пор.

Режим наплавки: напряжение дуги 25—26 В; ток — 190—200 А, индуктивность сварочной цепи — 16 витков дросселя РСТЭ-34, частота вращения вала — 3 об/мин, шаг наплавки — 4 мм/об, скорость подачи электродной проволоки диаметром 1,6 мм — 2,0 м/мин, диаметром 1,8 мм — 1,6 м/мин.

При наплавке шейки от одной галтели к другой твердость поверхности шеек будет неравномерна (HRC 35—54). В начале наплавки твердость металла низкая,

а в конце — высокая. Коленчатые валы при такой наплавке ломаются по шатунным шейкам там, где начиналась наплавка. Во избежание поломок необходимо наплавлять валы от середины шейки вала к галтелям. При этом первый виток накладывают кольцевым. Автоматическую подачу включают тогда, когда кольцевой виток еще не сомкнулся.

Сначала наплавляют шатунные шейки, а затем коренные. Это делается для того, чтобы после наплавки шатунных шеек можно было править вал по коренным шейкам.

Иногда вал правят после наплавки шатунных и коренных шеек. В этом случае при наплавке коренных шеек специально оставляют незаплавленные пояски для обеспечения возможности контролировать биение шеек. Впоследствие эти пояски заплавляют.

Отверстия масляных каналов для предохранения от заплавки замазывают пастой (85% порошкового графита и 15% жидкого стекла), специальной глиной (для 3 кг специальной глины берут 2,1 кг речного песка; 0,58 кг белой огнеупорной глины; 0,05 кг графита; 0,245 кг жидкого стекла и 0,025 кг едкого натра $NaOH$— 20% раствор) или закрывают графитовыми стержнями и асбестом.

При наплавке под легирующим флюсом коленчатый вал не становится короче. В результате этого объем металла почти не изменяется и деформация его не превышает припуска на обработку.

Величина деформации коленчатых валов после наплавки под легирующим флюсом в среднем составляет 0,6—1,0 мм. Более 95% коленчатых валов при этом не нуждаются в правке перед механической обработкой, так как на шейки вала наплавляют металл с припуском на механическую обработку в пределах от 1 до 1,25 мм на сторону.

Коленчатые валы, восстановленные наплавкой под слоем легирующего флюса, обладают высокими эксплуатационными свойствами. Износостойкость их шеек и сопряженных с ними вкладышей не уступает износостойкости шеек новых валов и вкладышей, усталостная прочность восстановленных коленчатых валов немного ниже прочности новых, однако благодаря достаточному запасу прочности поломок восстановленных валов в эксплуатации не наблюдается.

Процесс восстановления прост, поэтому его с успехом применяют на ремонтных предприятиях серийного производства.

Вызывает интерес и наплавка под слоем флюса АН-348А с последующей термообработкой, обеспечивающая стабильность структуры и твердости наплавленного металла и высокую усталостную прочность восстанавливаемых коленчатых валов. Наплавляют в этом случае пружинной проволокой II класса (по технологии КазНИПИАТ), либо проволокой Нп-30ХГСА (по технологии СПИ) при режиме: напряжение дуги 25—30 В, ток 180—220 А, шаг наплавки 4—6 мм/об, скорость подачи проволоки 1,6—2,1 м/мин, частота вращения вала 2—2,5 об/мин при наплавке коренных и 2,5—3 об/мм при наплавке шатунных шеек. Наплавленный металл обладает твердостью HRC 32—40 и легко поддается механической обработке резцом.

В наплавленном металле и околошовной зоне возникают внутренние растягивающие напряжения, являющиеся причиной снижения усталостной прочности восстанавливаемых валов.

Применение такого способа можно рекомендовать для специализированных ремонтных предприятий с крупносерийным и массовым производством.

На некоторых предприятиях коленчатые валы двигателей ГАЗ-51 и ЗИЛ-120 наплавляют под слоем флюса АНК-18 пружинной проволокой II класса диаметром 2 мм. Наплавку проводят при помощи головки А-580М при обратной полярности в два захода.

Сначала наплавляют галтели, затем без удаления шлаковой корки по винтовой линии при большом шаге шатунную шейку. После этого удаляют шлаковую корку. Суппорт станка с наплавочной головкой возвращают к галтели, от которой начали наплавку, электрод устанавливают между винтовым валиком в начале впадины и заплавляют ее. Шаг наплавки подбирают так, чтобы перекрытие первого винтового валика с обеих сторон вторым валиком составляло 1/3 его ширины. После наплавки шатунных шеек вал охлаждают на воздухе и правят. Затем наплавляют коренные шейки. Режим наплавки: напряжение 26—28 В, ток 180—200 А, скорость, подачи проволоки 1,65 м/мин, частота вращения коленчатого вала 2 об/мин при диаметре шеек 50 мм и 2,5 об/мин при диаметре шеек 60—65 мм, вылет электродной про-

волоки 25—30 мм, смещение электрода от зенита в сторону, противоположную вращению вала, 10—12 мм.

На головном предприятии объединения «Молдавторемонт» разработана и внедрена технология наплавки коленчатых валов двигателей ЗИЛ-130 и ЗИЛ-120 под слоем комбинированного флюса.

Флюс изготовляют следующим образом: к 50 кг керамического флюса АНК-18 и 50 кг флюса АН-348А добавляют 1,7—1,9 кг порошкообразного серебристого графита. Смесь увлажняют и связывают (склеивают) жидким стеклом. Для этого в бункер, где находится перемешанная смесь, заливают 10—11 кг жидкого стекла и в течение 3 ч смесь перемешивают. Затем увлажненную смесь на противне (слой толщиной 80—100 мм) просушивают в течение 4—5 ч при 60—80° С. Просушенную смесь выдерживают в термопечи при 350—400° С в течение 6—8 ч. Прокаленный и раздробленный флюс просеивают через сито с отверстиями 3—3,5 мм.

Режим наплавки коренных шеек: ток — 210—220 А, напряжение дуги — 25—26 В, частота вращения вала — 2,6—2,8 об/мин, шаг наплавки — 3,8—4 мм/об.

Режим наплавки шатунных шеек: ток — 210—220 А, напряжение дуги — 24—25 В; частота вращения вала — 3,4—3,8 об/мин, шаг наплавки — 3,6—3,8 мм/об.

Наплавка под слоем комбинированного флюса при приведенном выше режиме позволяет увеличить ресурс работы отремонтированных двигателей на 15—18% по сравнению с двигателями, на которых установлены коленчатые валы, наплавленные под флюсом АНК-18 или АН-348А.

Наплавка чугунных коленчатых валов

Большое применение для коленчатых валов нашли чугуны перлитного класса благодаря высокой прочности и износостойкости. Чугуны этого класса по механическим свойствам примерно соответствуют стали 45 и превосходят другие чугуны. Уместно отметить, что себестоимость отливки из высокопрочного чугуна (ВЧ50-1,5; ВЧ60-2; ГОСТ 7293—54) в 2—2,5 раза ниже по сравнению с себестоимостью отливки из ковкого чугуна и поковок из стали 45.

В таблице 11 приведены данные об усталостной прочности образцов гладких валов и коленчатых валов из стали 45, серого и высокопрочного чугунов.

Таблица 11. **Усталостная прочность коленчатых валов**

Металл	Предел усталостной прочности, МН/м² (кгс/мм²)	
	гладких валов	коленчатых валов
Сталь 45	305 (30,5)	122 (12,2)
Чугун серый	100 (10)	35 (3,5)
Чугун высокопрочный	250 (25)	118 (11,8)

Из таблицы 11 видно, что у гладких валов, изготовленных из высокопрочного чугуна, предел усталостной прочности на 13% меньше, чем у валов из стали 45. У коленчатых валов, изготовленных из указанных металлов, эта разница равна всего 4%. Такое явление объясняется тем, что высокопрочный чугун сохраняет присущую всем чугунам малую чувствительность к концентрации напряжений.

Повышенную износостойкость высокопрочного чугуна с перлитной основой, не уступающую закаленной стали 45, можно объяснить наличием на его поверхности вскрытых графитовых включений, которые служат смазкой, а освободившиеся полости являются накопителями дополнительной смазки, так необходимой при пуске и остановке двигателя. Из высокопрочного чугуна отливают коленчатые валы двигателей автомобилей ГАЗМ-21, ГАЗ-53 и ГАЗ-53А и других машин.

При исследовании для однослойной наплавки чугунных коленчатых валов применяли пружинную проволоку II класса, проволоку ОВС, Нп-30ХГСА, Св-0,8, Св-10Х13, Св-12ГС и др. Наплавку осуществляли с флюсами АН-348А, АН-15, АН-20, ОСЦ-45 без примешивания и с примешиванием к флюсу графита, феррохрома, ферромарганца, ферромолибдена, алюминиевого порошка для получения наплавленного металла твердостью HRC 56—62 без пор и трещин. В результате выявлено, что наплавленный слой получается плохого качества (неоднородность структуры и твердости, поры, раковины, включения).

Способ двухслойной наплавки чугунных коленчатых валов проволокой Св-0,8 под слоем легирующего флюса разработан в НИИАТ. Лучшие результаты из многочисленных вариантов наплавки получают при использовании проволоки диаметром 1,6 мм и легирующего флюса, содержащего на 100 массовых частей флюса АН-348А

2,5 части графита, 2 части феррохрома № 6 и 0,25 части жидкого стекла.

Металл первого слоя обладает твердостью HRC 35—38, второго слоя — твердостью HRC 52—62 и содержит небольшое количество пор. Однако в поверхностном слое возможно появление большого количества трещин, что вызывает повышенный износ сопряженных вкладышей и уменьшение усталостной прочности коленчатых валов на 26—28%.

Заслуживает внимания способ наплавки коленчатых валов из высокопрочного чугуна под слоем флюса по защитной металлической оболочке.

Сущность способа заключается в следующем. Шейку вала обертывают металлической оболочкой из листовой стали, которую плотно прижимают к поверхности шейки при помощи приспособления и сваркой в среде углекислого газа прихватывают в стыке.

После удаления приспособления проводят автоматическую наплавку шейки под флюсом непосредственно по металлической оболочке.

Известно, что для предотвращения трещин в наплавленном металле необходимо уменьшать в нем содержание углерода, марганца, кремния, серы и фосфора. Так как высокопрочный чугун содержит большое количество этих элементов, то для восстановления коленчатых валов применяют оболочку из стали 08 и проволоку Св-08, содержащие их в небольшом количестве. При толщине оболочки 0,8 мм и более трещин и пор в наплавленном металле нет; при такой толщине оболочки уменьшается глубина проплавления чугуна и количество окиси углерода, вызывающей образование пор.

Небольшое количество окиси углерода успевает выделиться из расплавленного металла. Устранению трещин при наплавке по оболочке способствуют два фактора: 1) уменьшение поступления в наплавленный слой кремния, марганца, магния и 2) уменьшение величины и скорости нарастания растягивающих напряжений в наплавляемом валике в период его кристаллизации благодаря уменьшению сил сопротивления усадке за счет перемещения или пластической деформации оболочки.

Процесс изготовления оболочек состоит из следующих операций: очистка и обезжиривание листа, разрезание его на полосы, вырубка из полос заготовок для оболочек

(в штампе), гибка краев и средней части оболочки (в гибочном штампе).

Оболочка должна плотно прилегать к поверхности шейки, так как при неплотном прилегании происходит несплавление слоя наплавляемого металла с основным металлом и образование пор и трещин.

Лучшим приспособлением для прижатия оболочек к шейкам служит разъемное металлическое кольцо, облицованное внутри резиной толщиной 5—6,5 мм. При помощи такого кольца можно прижимать оболочки к шейкам вручную, используя клещи и струбцину, или на станке.

Кольца на станке зажимают с усилием не менее 15 кН (1500 кгс) при помощи пневмокамер *11* (см. рис. 10) и рычагов *3*. Зажимные разъемные кольца *4* закреплены на швеллере, который можно поднимать и опускать при помощи рукоятки.

Прихватывают оболочки в следующем порядке. В раскрытые полукольца устанавливают оболочки, вал укладывают на оболочки и выставляют так, чтобы края полуколец и оболочки совпали, сжимают полукольца вручную и скрепляют их скобами. Затем оболочки сваривают встык проволокой Св-08 ГОСТ 2246—70 на полуавтомате А-547Р в двух точках на расстоянии 5 мм от галтелей. Плотность прилегания оболочек проверяют по звуку при простукивании по ним легким металлическим стержнем длиной 150—200 мм и диаметром 12—15 мм.

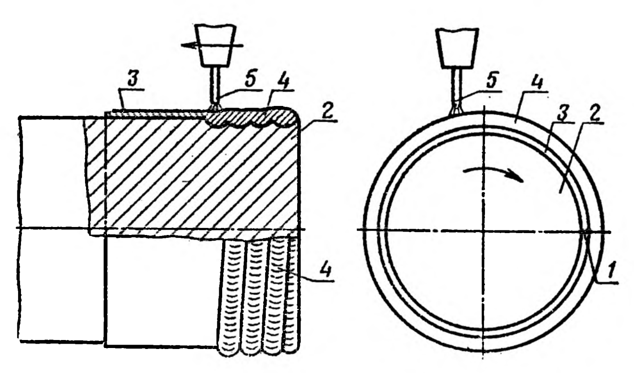


Рис. 15. Схема наплавки шейки вала по металлической оболочке:

1 — стык оболочки; *2* — деталь; *3* — металлическая оболочка; *4* — наплавленный металл; *5* — электродная проволока.

Таблица 12. **Параметры режима наплавки чугунных коленчатых валов по стальной оболочке**

Показатели	Прихватка оболочки	Наплавка	
		галтелей в углекислом газе	шеек под флюсом
Напряжение дуги при холостом ходе, В	28	28	32
Напряжение дуги при наплавке, В	19—20	19—20	20—22
Ток, А	120	120	150—170
Частота вращения вала, об/мин	—	2,0	2,5—3,0
Шаг наплавки, мм/об	—	—	3,5
Скорость подачи электродной проволоки, м/мин	3	1,4—1,6	1,4—1,6
Смещение электрода с зенита, мм	—	20	8—10
Вылет электрода, мм	10	15—20	15—20
Количество витков дросселя РСТЭ-34 (индуктивность сварочной цепи)	5	8	16

Для предупреждения обгорания концов оболочки, скатывания наплавляемого металла и образования свищей и раковин оболочку приваривают по краям к шейке коленчатого вала путем наплавки галтелей в среде углекислого газа.

Схема наплавки шейки по оболочке показана на рисунке 15.

Для наплавки применяют проволоку диаметром 1,6 мм. Параметры режима наплавки приведены в таблице 12.

В таблице 13 приведены материалы, используемые при наплавке по оболочке.

Если нет порошкового феррохрома, можно использовать кусковой. Для этого его нагревают в термической печи до 850— 900° С, охлаждают в воде, дробят, размалывают в мельнице и просеивают через сито.

Легирующий флюс для наплавки чугунных коленчатых валов приготавливают следующим образом. На 100 массовых частей флюса АН-348А добавляют 7 частей феррохрома № 6 и 8 частей графита. Всю массу тщательно перемешивают и склеивают жидким стеклом (0,5 части) до полного увлажнения. Массу просушивают в течение 2—3 ч при 18—20° С и прокаливают в электропечи при 600—650° С в течение 3—3,5 ч. В этой же печи прокаливают еще 100 частей флюса без легирующих ком-

Таблица 13. **Материалы для наплавки чугунных коленчатых валов**

Материал	Марка, ГОСТ
Электродная проволока:	
для наплавки галтелей и шеек под легирующим флюсом	Св-08; Св-08А (ГОСТ 2246—70), диаметр 1,6 мм
для прихватки оболочек	Св-08; Св-08А; Св-08ГС; Св-08Г2С; Св-12ГС (ГОСТ 2246—70), диаметр 0,8—1,0 мм
Флюс	АН-348А (ГОСТ 9087—59)
Графит*	ЭТУ-1, ЭТУ-III, ЗУН, АТ, АЗ, АС-I, АС-II
Феррохром**	№ 6 (ГОСТ 4757—59)
Жидкое стекло	Обычное, плотностью 1,35 г/см^3
Углекислый газ	Из баллонов с пищевой углекислотой (ГОСТ 8050—61)
Листовая сталь для оболочек	Сталь 08 (ГОСТ 8075—59) толщиной 0,8—0,9 мм

* Просеивают через сито с ячейками 0,045—0,075 мм.
** Просеивают через сито с 800—1400 отверстиями на 1 см^2.

понентов. После прокаливания смесь дробят, просеивают и перемешивают с флюсом без компонентов.

Приготовленный флюс хранят в герметичной таре, так как на воздухе он поглощает влагу и при его использовании могут образоваться поры. При увлажнении и появлении пор в наплавляемом металле флюс следует прокалить вновь при 600—650° С в течение 3,0—3,5 ч.

Перед наплавкой шеек оболочку пробивают бородком в местах расположения отверстий масляных каналов. Полученные отверстия закрывают пастой, огнеупорной глиной, стержнями из графита или асбеста.

Наплавку вследствие высокого нагрева следует начинать с тех шеек, на которые нужно наплавить больше металла.

В Белгородском технологическом институте строительных материалов разработана технология наплавки чугунных коленчатых валов (двигатель ГАЗ М-21) порошковой проволокой под флюсом АН-348А в два слоя (без втулки).

Первый слой наплавляют малоуглеродистой порошковой проволокой с внутренней защитой, содержащей

газошлакообразующие компоненты для защиты сварочной ванны, второй — легированной проволокой для получения износостойкого слоя.

Рекомендуемый режим наплавки: напряжение холостого хода 34—35 В (1-й слой) и 31—32 В (2-й слой), величина тока 150—180 А, полярность обратная, частота вращения вала 2,0—2,5 об/мин, скорость подачи проволоки 77 (1-й слой) и 88 м/ч (2-й слой), шаг наплавки соответственно для 1-го и 2-го слоев 7 и 5 мм/об, диаметр проволоки 1,95 мм, вылет электрода 15 мм, общая толщина наплавленного слоя 2,9—3,2 мм. В первом слое трещины, поры и шлаковые включения не наблюдаются. Качество наплавки стабильное. Наплавка второго слоя протекает в более благоприятных условиях и не отличается от наплавки поверхностей валов из среднеуглеродистой стали.

Такая технология обеспечивает довольно высокое качество восстановленных валов, но требует тщательной подготовки шеек под наплавку: горячая мойка в 10%-ном растворе каустической соды в течение 30 мин, нагрев в термической печи до 300° С с выдержкой 1 ч, остывание на воздухе и очистка от копоти, нагара и ржавчины на полировальном станке. Себестоимость восстановленных приведенным способом коленчатых валов составляет около 70% стоимости новых.

НИИАТ РСФСР предложен процесс вибродуговой наплавки в струе воздуха. При этом рекомендуется применять проволоку ЭП-439, содержащую церий (сталь 15 ГСТЮЦ).

Вибродуговая наплавка в струе воздуха проволокой ЭП-439 обеспечивает высокую равномерность наплавленного слоя по твердости до HRC 57—58. Наплавка без вибрации электрода приводит к бо́льшему разбросу твердости (HRC 56—59). Износостойкость чугунных коленчатых валов, наплавленных вибродуговым способом проволокой ЭП-439 в струе воздуха, в 1,5—2 раза выше износостойкости ненаплавленных.

По данным НИИАТ, себестоимость восстановления чугунного коленчатого вала автомобиля «Запорожец-966» вибродуговой наплавкой составляет 4 р. 22 к., стоимость же нового вала — 32 р.

Режим вибродуговой наплавки чугунных коленчатых валов легированной проволокой в струе воздуха следующий:

напряжение наплавки, В	24
рабочее напряжение, В	19—20
ток (постоянный), А	130—160
количество витков дросселя РСТЭ-34	16
скорость подачи проволоки, м/мин:	
для диаметра 1,5 мм	2,1
» » 1,7 мм	1,7
диаметр проволоки, мм .	1,5—1,7
скорость наплавки, м/мин	0,64
шаг наплавки, мм/об . .	3—3,2
смещение электрода с зенита:	
в градусах	30—60
в миллиметрах . .	15—18
толщина наплавляемого слоя, мм	1,4

Вибродуговую наплавку легированной проволокой без обмазки можно производить на установке НИИАТ-УАНЖ-6 или на токарных станках при помощи вибрационных наплавочных головок ГМВК-1, ГМВК-2, КУМА-1 и др.

Многоэлектродная наплавка

Многоэлектродная наплавка коленчатых валов повышает производительность процесса в 2—5 раз.

Схема многоэлектродной наплавки под слоем флюса, когда в зону наплавки одновременно подают несколько электродов, показана на рисунке 16. Электроды *1* плавятся за счет тепла блуждающей электродуги, постоянно перемещающейся по электродам.

Саратовским политехническим институтом разработан технологический процесс восстановления изношенных коленчатых валов автотракторных двигателей многоэлектродной наплавкой под слоем флюса. Шейки валов наплавляют при помощи четырех электродов из проволоки Нп30ХГСА диаметром 1,6 мм.

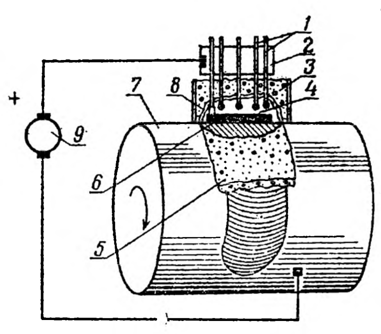


Рис. 16. Схема многоэлектродной наплавки вала:

1 — электроды; *2* — токоподводящий контакт; *3* — флюс; *4* — зона электродуги; *5* — шлаковая корка; *6* — наплавленный металл; *7* — шейка вала; *8* — эластичная оболочка из расплавленного флюса; *9* — источник тока.

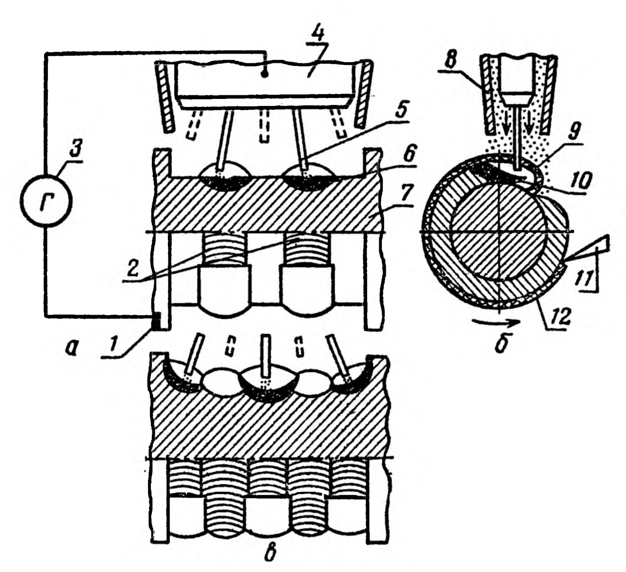


Рис. 17. Схема многоэлектродной наплавки в раздельные сварочные ванны:

а — наплавка первой группы *n* валиков; *б* — удаление сварочной корки; *в* — наплавка второй группы *n*+1 валиков; *1* — токопровод; *2* — наплавленные валики; *3* — источник тока; *4* — мундштук; *5* — электрод; *6* — сварочная ванна; *7* — шейка вала; *8* — флюсоподвод; *9* — газовый пузырь; *10* — расплавленный металл; *11* — скребок; *12* — шлаковая корка.

При наплавке используют головку А-580М, снабженную источником питания — селеновым выпрямителем. Режим наплавки: ток 300—320 А, напряжение 26—28 В, частота вращения вала 0,65 — 0,8 об/мин, скорость подачи проволоки 49—58 м/ч. Для качественного формирования металла в зоне галтелей шейки коленчатого вала расстояние между крайними соседними электродами устанавливают равным диаметру сварочного электрода. Такое расположение электродов обеспечивает высококачественное заплавление галтелей.

По другому принципу построен технологический процесс многоэлектродной наплавки коленчатых валов под слоем флюса, разработанный Курским политехническим институтом совместно с Институтом электросварки им. Е. О. Патона.

В отличие от описанной выше многоэлектродной наплавки в общую сварочную ванну в данном технологическом процессе при наплавке пользуются раздельными

сварочными ваннами. На поверхность шейки в этом случае за один оборот одновременно наплавляют без перекрытия параллельные кольцевые валики, число которых n зависит от длины наращиваемой шейки и ограничивается мощностью источника тока. При следующем обороте детали включают второй подающий механизм и вторая группа из $n+1$ электродов заплавляет промежутки между первыми валиками.

На рисунке 17 показана схема многоэлектродной наплавки в раздельные сварочные ванны.

Используя электродную проволоку разнообразного состава, при этом виде многоэлектродной наплавки можно получать наплавляемый слой различного состава. Так, всю поверхность шейки можно наплавлять электродами, обеспечивающими высокую твердость, а галтели — электродами, создающими достаточную пластичность металла.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА

Процесс наплавки коленчатых валов сопряжен с появлением в поверхностных слоях внутренних напряжений, которые могут быть растягивающими или сжимающими. Большинство способов наплавки образуют нежелательные растягивающие напряжения, приводящие к снижению усталостной прочности коленчатых валов. Поэтому для устранения или уменьшения их величины наплавляемые поверхности предварительно нагревают или после наплавки детали подвергают термической обработке — глубокому отпуску или отжигу и нормализации. Эти термические операции выполняют в том случае, если технологическим процессом восстановления коленчатого вала после механической обработки предусматривается закалка токами высокой частоты (т. в. ч.). В этом случае, кроме снятия внутренних напряжений, отжиг и нормализация предназначены также для подготовки структуры металла к последующим технологическим операциям, связанным с лезвийной обработкой.

Глубокий отпуск производят в электропечах СКЭ-10 при 650° С с выдержкой в течение 2 ч. При нормализации коленчатые валы в течение часа нагревают до 860—900° С, делают при этой температуре выдержку продолжительностью 20 мин, затем охлаждают на воз-

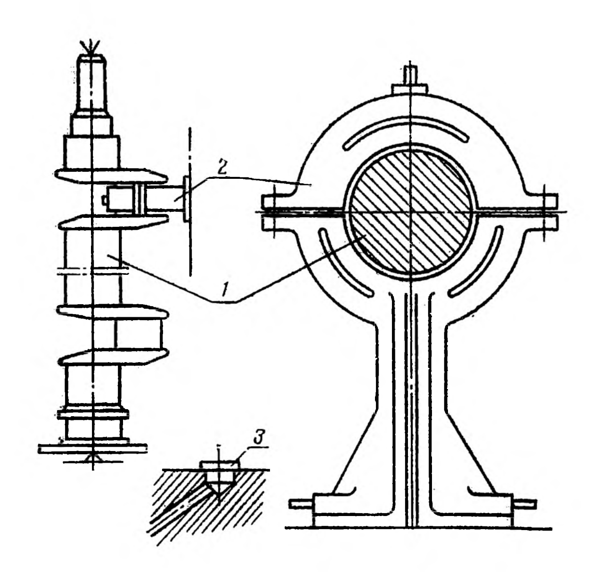


Рис. 18. Индукционный нагрев шеек коленчатого вала токами высокой частоты для закалки:

1 — коленчатый вал; *2* — индуктор; *3* — медная пробка.

духе. Твердость шеек после нормализации находится в пределах НВ 177—255.

После предварительной обработки на металлорежущих станках поверхности коренных и шатунных шеек стальных валов подвергают вторично термической обработке: закалке и отпуску. Закалку проводят на высокочастотных установках ХЛЗ2-67, МГЗ-108, ЛГПЗ-60, ЛПЗ-67 с использованием станков для закалки коленчатых валов.

Шейки нагревают т. в. ч. до 900—920° С при неподвижном вале и охлаждают водой.

Режим нагрева: напряжение 700 В, ток 100 А.

Длительность цикла закалки одной шейки автоматически регулируется при помощи реле времени.

Существуют машины для закалки т. в. ч. шеек коленчатых валов, снабженные баками, в которые заливают охлаждающую жидкость. Шейки нагревают индуктором последовательно и каждый раз вал опускают в бак с охлаждающей жидкостью до уровня, обеспечивающего закалку нагретой шейки.

На машинах с барабанным устройством устанавливают четыре вала, три из которых находятся в резервуаре, в то время как нагреваются шейки четвертого вала, находящегося над уровнем охлаждающей жидкости. Масляные каналы на шейках перед закалкой необходимо защищать. Лучше всего для этого использовать медные пробки *3* (рис. 18) или заглушки из материалов для предохранения каналов при наплавке.

Можно закаливать шейки коленчатых валов на специальных установках, применяя для нагрева газовое пламя.

При закалке, применяемой для повышения твердости шеек, в поверхностных слоях возникают остаточные напряжения и появляются трещины. Для снятия напряжений применяют низкотемпературный отпуск в конвейерной термопечи СКО-14 при 170—190° С. Твердость шеек после отпуска должна находиться в пределах HRC 52—62. Глубина закалки 3—5 мм. С обеих сторон галтелей допускается наличие незакаленных поясков шириной до 4 мм.

Следует иметь в виду, что при восстановлении коленчатых валов автоматической наплавкой под слоем легирующего флюса и вибродуговой наплавкой специальными электродами не требуется проведение термической обработки.

Глава 4

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА КОРЕННЫХ И ШАТУННЫХ ШЕЕК

СПОСОБЫ БАЗИРОВАНИЯ И ВЫБОР МАРШРУТА МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Сложность конструктивной формы коленчатого вала, его недостаточная жесткость и высокие требования к точности обрабатываемых поверхностей предъявляют повышенные требования к выбору оборудования, способов базирования и последовательности операций механической обработки.

Последовательность выполнения технологических операций зависит от многих условий: типа коленчатых валов, способов восстановления их шеек, программы

выпуска, обеспеченности ремонтного предприятия необходимым оборудованием, оснасткой и др. Однако независимо от перечисленных факторов главным при разработке технологических операций является выбор технологических баз.

Основными базами коленчатого вала являются опорные поверхности коренных шеек. Однако не на всех операциях обработки можно использовать их в качестве технологических. На многих операциях в качестве технологических баз выбирают поверхности центровых фасок в отверстиях на концах вала, а поверхности коренных шеек, ввиду недостаточной жесткости вала, часто используют в качестве дополнительных технологических баз, устанавливая их в люнеты.

При обработке коренных шеек, а также других поверхностей, расположенных на одной оси с коренными, коленчатый вал необходимо и достаточно лишить пяти степеней свободы.

Применяемые варианты базирования в этом случае показаны на рисунке 19.

На рисунке 19, *а* показана наиболее простая схема установки коленчатого вала на станке. Вал центровой фаской в отверстии фланца устанавливают на жесткий центр передней бабки. При этом вал лишается трех степеней свободы. Второй конец подпирают центром задней бабки, лишающим вал еще двух степеней, свободы.

Недостатком этой схемы является возможность колебаний линейных размеров из-за колебаний размеров центровой фаски в отверстии фланца, что не позволяет вести обработку по упорам. Поэтому такую схему применяют в индивидуальном производстве.

На рисунке 19, *б* показана схема, которая лишена недостатка, указанного выше. Коленчатый вал центровой фаской в отверстии фланца устанавливают в центр передней бабки, который лишает его двух степеней свободы. Второй конец подпирают центром задней бабки, лишающим вал еще двух степеней свободы. Пятой степени свободы — осевого перемещения — вал лишается при контакте внешнего торца фланца с осевым упором. Такую схему базирования используют тогда, когда обрабатываемые поверхности связаны линейными размерами с внешним торцом фланца. Если

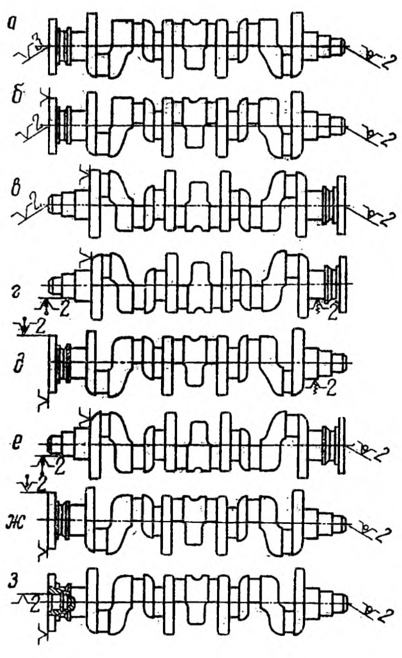


Рис. 19. Варианты базирования коленчатых валов.

такой связи нет, возникает необходимость в пересчете линейных размеров и допусков на них, что связано с определенными трудностями и часто приводит к браку.

Чаще других в ремонтной практике применяют установку валов по схеме показанной на рисунке 19, *в*. Эта схема лишена недостатков, указанных в двух предыдущих схемах. Согласно этой схемы, вал устанавливают фланцем к задней бабке. Со стороны шпинделя он опирается на плавающий центр, который отбирает две степени свободы, второй конец подпирается центром задней бабки, вследствие чего вал лишается еще двух степеней свободы. Осевое перемещение вала (пятая степень свободы) ограничивается упором в тот базовый торец, от которого заданы все линейные размеры. В этом случае отпадает необходимость в пересчете линейных размеров и допусков на них и появляется возможность вести обработку по упорам.

Схема 19, *г* отличается от схемы 19, *в* тем, что вал устанавливают шейкой под распределительную шестерню в трехкулачковый патрон, а ближайшей к фланцу коренной шейкой — в люнет. При этой схеме также можно устанавливать коленчатый вал крайними шейками в полувтулки двух люнетов.

Схему, показанную на рисунке 19, *д*, применяют при восстановлении центрового отверстия и резьбы в хвостовике вала.

Схема, показанная на рисунке 19, *е*, является комбинацией схем, изображенных на рисунках 19, *в* и 19, *г*.

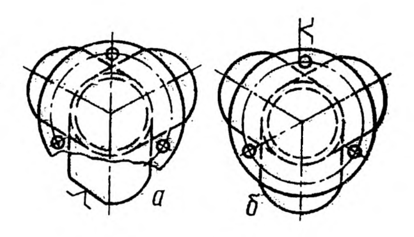


Рис. 20. Варианты угловой фиксации коленчатых валов при обработке поверхностей шатунных шеек:

а — фиксация по лыске на щеке; *б* — фиксация по отверстию во фланце.

Схема, показанная на рисунке 19, *ж*, является комбинацией схем, изображенных на рисунках 19, *в* и 19, *д*.

Встречается также базирование по схеме, показанной на рисунке 19, *з*. При этом используют отверстие под подшипник, отбирающее две степени свободы, а со стороны хвостовика вал подпирают центром задней бабки, что также лишает вал двух степеней свободы. Осевое перемещение (пятая степень свободы) ограничивается как и в схеме, показанной на рисунке 19, *б*, путем контакта внешнего торца фланца с осевым упором. Эта схема имеет тот же недостаток, что и схема, показанная на рисунке 19, *б*.

Схемы, изображенные на рисунках 19, *а* и 19, *б*, выполняют в двух вариантах:

1) коленчатый вал устанавливают фланцем к передней бабке;

2) коленчатый вал устанавливают фланцем к задней бабке.

При обработке шатунных шеек, шпоночных канавок, отверстий во фланце коленчатого вала, масляных канавок возникает необходимость в строго определенной угловой ориентации вала. В этом случае вал должен быть лишен всех шести степеней свободы. В ремонтной практике применяют два варианта лишения вала шестой степени свободы.

На рисунке 20, *а* показана угловая фиксация вала за счет контакта технологической лыски на щеке вала с фиксатором делительной скобы центросместителя, а на рисунке 20, *б* — фиксация вала при помощи штифта поводкового патрона, входящего в одно из отверстий фланца.

Использование той или другой схемы угловой фиксации обусловлено конструкциями вала и применяемого приспособления.

С точки зрения достижения точности взаимного расположения обрабатываемых поверхностей, наибо-

лее рациональным является такое построение технологического процесса механической обработки, при котором обработка поверхностей на всех технологических операциях производилась бы с использованием одних и тех же технологических баз. При этом не было бы погрешности базирования. Однако такой вариант технологического процесса восстановления коленчатого вала невозможен. Поэтому на различных операциях при ремонте вала приходится от одних технологических баз переходить к другим. В этом случае необходимо воспользоваться таким вариантом перехода, при котором погрешности базирования были бы минимальными.

Так как основной базой коленчатого вала являются коренные шейки, то шатунные шейки обрабатывают при базировании на обработанные коренные шейки. Поэтому механическую обработку шеек после наплавки часто начинают с коренных. Именно так поступают при шлифовании вала под ремонтный размер. Однако при наплавке коленчатых валов важное значение имеет перераспределение внутренних напряжений и деформирование вала в процессе механической обработки. Если у наплавленного вала будут обработаны сначала коренные шейки, а затем шатунные, перераспределение внутренних напряжений при шлифовании шатунных шеек приведет к нарушению соосности коренных шеек. Если же сначала обработать шатунные шейки, то появляющуюся несоосность коренных устраняют их последующей обработкой. Поэтому после наплавки чаще обрабатывают сначала шатунные, а затем коренные шейки.

Последовательность механической обработки шеек зависит главным образом от того, какие поверхности наплавляют. При этом возможны следующие варианты:

1. Шейки не наплавляют, а шлифуют под ремонтный размер.
2. Наплавляют только шатунные шейки, а коренные шлифуют под ремонтный размер.
3. Наплавляют только коренные шейки, а шатунные шлифуют под ремонтный размер.
4. Наплавляют и коренные и шатунные шейки.
5. Наплавляют коренные, шатунные, а также другие шейки, соосные с коренными (шейку под распределительную шестерню, поясок под маховик и пр.).

Наиболее сложным является пятый вариант, при котором вал дважды направляют в наплавочное отделение. В первый раз наплавляют все поверхности, кроме тех, которые будут использоваться в качестве баз при исправлении центровых фасок. Оставшиеся поверхности наплавляют после исправления центровых фасок, после чего пятый вариант имеет одинаковый маршрут с четвертым, с добавлением переходов, связанных с обработкой наплавленных поверхностей, соосных с коренными шейками.

Обработку коленчатых валов начинают с исправления центровых фасок. Необходимость исправления обусловлена возможной их деформацией в процессе монтажа и разборки вала, нарушением правильности их взаимного расположения при эксплуатации, наплавке, правке и т. д.

Центровые фаски чаще всего исправляют на токарном станке 1К 62 с двух установок.

При первой установке вал закрепляют фланцем в патроне и шейкой под шестерню в люнете (схему базирования см. на рисунке 19, *д*). Фаску исправляют при ручной подаче расточным резцом, заточенным под углом $\varphi=60°$. Материал режущей части резца Т15К6. Иногда для этой цели используют зенковку ∅ 30 мм, изготовленную из быстрорежущей стали Р9 с углом при вершине $2\varphi=60°$

Переход выполняют при частоте вращения вала 76—200 об/мин.

С этой же установки часто исправляют резьбу в отверстии под храповик метчиком соответствующего размера 2-го класса точности.

Вторую установку выполняют при закреплении шейки под шестерню в патроне, а шейки под сальник в люнете (схему базирования см. на рисунке 19, *г*). С этой установки исправляют центровую фаску в отверстии под подшипник.

Следует иметь в виду, что такая последовательность установок условная. Для уменьшения переналадок станка и оснастки эту последовательность установок целесообразно чередовать.

При наличии межоперационных заделов возможен также такой вариант обработки, при котором у всей партии валов сначала обрабатываются фаски с одной стороны вала, а затем — с другой.

ТОКАРНАЯ ОБРАБОТКА НАПЛАВЛЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Для термически необрабатываемых коленчатых валов токарную обработку не применяют вследствие высокой твердости наплавленного слоя. Токарной обработке подвергают наплавленные шейки тех валов, которые после наплавки подвергались глубокому отпуску или отжигу.

Шейки обрабатывают на токарных станках 1А62, 1К62, 1Д63 и др. Обычно токарную обработку проводят в две, а иногда и в три операции.

На первой операции вал устанавливают в центрах, используя поводковую планшайбу (схемы базирования см. на рисунках 19, *а, в*) или трехкулачковый патрон (схему базирования см. на рисунке 19, *д*). Возможен также вариант базирования по отверстию под подшипник, торцу фланца с одной стороны и центровой фаске со стороны хвостовика вала (см. схему на рисунке 19, *з*).

Возможны три варианта обработки коренных шеек.

1. Шейку обрабатывают в два перехода двумя различными резцами (правым и левым), заправленным по радиусу галтели.

2. Шейку обрабатывают за один переход широким резцом, заправленным по форме правой и левой галтели.

3. Шейку обрабатывают в три перехода, сначала проходным, а затем правым и левым галтельными резцами.

Более производительным является второй вариант. Однако вследствие недостаточной жесткости обрабатываемых валов от него приходится часто отказываться и выбирать первый и реже третий варианты.

Рекомендуемый материал резцов — ВК6М.

Режимы резания зависят от типа коленчатого вала, его габаритных размеров, жесткости и сбалансированности. Пределы режимов резания, применяемые при токарной обработке коленчатых валов, приведены в таблице 14.

Таблица 14. **Режим резания при токарной обработке наплавленных поверхностей коленчатых валов**

Проход	Глубина резания, мм	Подача, мм/об	Скорость резания, м/мин	Число проходов
Черновой	1,5—2	0,2—0,5	17—80	1
Чистовой	0,25—0,45	0,10—0,15	25—100	1

Припуск на шлифование оставляют в пределах 0,3—0,5 мм на сторону.

В каждом конкретном случае эти режимы уточняют в зависимости от жесткости коленчатого вала.

Важно при токарной обработке коренных шеек соблюдать радиусы галтелей, выдерживать диаметральные и линейные размеры шеек и линейные размеры, связывающие положение шеек с базовым торцом коленчатого вала. Если не соблюдать последнее условие, то при сборке двигателя будет нарушен нормальный осевой разбег коленчатого вала.

Вторая токарная операция заключается в обработке шатунных шеек. Этой операции обычно предшествует правка коленчатого вала по обработанным коренным шейкам. Операцию выполняют на токарном станке, устанавливая вал в центросместители и применяя угловую фиксацию по схеме, показанной на рисунке 20. Варианты обработки шатунных шеек такие же, как и при обработке коренных. Режимы резания приведены в таблице 14.

При токарной обработке шатунных шеек необходимо выдерживать точность их диаметральных и линейных размеров, радиусы галтелей, радиусы кривошипов, угловое расположение кривошипов и расположение шатунных шеек относительно базового торца коленчатого вала.

Радиусы галтелей выполняют при помощи резцов соответствующих геометрических размеров, радиусы кривошипов — при помощи центросместителей.

Регулируемые центросместители применяют при серийном ремонте. Их достоинством является возможность обработки различных типов коленчатых валов. Недостаток — большая потеря времени при переналадке на новый радиус кривошипа и недостаточно высокая точность радиуса кривошипа.

На предприятии, специализирующемся на ремонте определенного типа коленчатых валов, а также на предприятии с серийным ремонтом при наличии свободного оборудования целесообразно применять нерегулируемые центросместители.

Положение шатунных шеек относительно базового торца оказывает влияние на правильность расположения поршней в цилиндре, равномерность износа зеркала цилиндра и поршня и долговечность двигателя. Точ-

Таблица 15. **Длина восстанавливаемых шеек коленчатых валов**

Размер	Маркировка	Длина, мм		
		пятой коренной шейки коленчатого вала двигателей Д-75 и Д-54А	пятой коренной шейки коленчатого вала двигателей Д-48М, Д-48Л, Д-40Л, Д-40М, Д-40К, Д-40 и Д-38	третьей коренной шейки коленчатого вала двигателя Д-37М
Производственный	—	$85,00^{+0,14}$	$60,0^{+0,10}$	$46,0^{+0,05}$
1-й дополнительный	Д1	$85,25^{+0,14}$	$60,1^{+0,10}$	$46,1^{+0,05}$
1-й ремонтный	Р1	$85,15^{+0,14}$	$60,2^{+0,10}$	$46,2^{+0,05}$
2-й дополнительный	Д2	$85,75^{+0,14}$	$60,3^{+0,10}$	$46,3^{+0,05}$
2-й ремонтный	Р2	$86,00^{+0,14}$	$60,4^{+0,10}$	$46,4^{+0,05}$
3-й дополнительный	Д3	$86,25^{+0,14}$	$60,5^{+0,10}$	$46,5^{+0,05}$
3-й ремонтный	Р3	$86,50^{+0,14}$	$60,6^{+0,10}$	$46,6^{+0,05}$
4-й дополнительный	Д4	$86,75^{+0,14}$	$60,7^{+0,10}$	$46,7^{+0,05}$
4-й ремонтный	Р4	$87,00^{+0,14}$	$60,8^{+0,10}$	$46,8^{+0,05}$

ность линейных размеров на заводах-изготовителях обеспечивается наладкой поперечных суппортов. В условиях ремонтного производства при использовании токарных станков точность расположения шеек обеспечивается по линейке и лимбу, что может приводить к браку.

Рассмотренная последовательность токарной обработки шеек коленчатого вала соответствует варианту, когда наплавляют шатунные, коренные и все соосные с коренными шейки. В практике ремонта часто наплавляют только некоторые шейки. Так, изношенный до диаметра менее 105 мм бурт пятой коренной шейки вала двигателей СМД-14 и СМД-7 после наплавки обтачивают на токарном станке до нормального профиля, затем обрабатывают на шлифовальном станке. Так же восстанавливают установочный бурт пятой коренной шейки валов двигателей Д -75, Д-54А.

У коленчатых валов двигателей Д-75, Д-54А, Д-48М,

Д-48Л, Д-40М, Д-40Л, Д-40К, Д-40, Д-38 после наплавки протачивают по длине пятую коренную шейку, а для Д-37М — третью до размеров, приведенных в таблице 15.

ШЛИФОВАНИЕ ШЕЕК

Шлифование шеек коленчатых валов бывает трех видов.

1. Шлифование термически обработанных валов после обточки.

2. Шлифование термически необработанных коленчатых валов после наплавки под легированным флюсом (шлифование по корке).

3. Шлифование под ремонтный размер.

Первые два вида шлифования обычно подразделяются на черновое и чистовое.

Шлифование под ремонтный размер чаще всего выполняют в одну операцию. Ремонтные размеры определяются размерами вкладышей, выпускаемых промышленностью.

Одноименные шейки (шатунные или коренные) шлифуют под один размер. Однако при отклонении диаметра одной из шатунных шеек от диаметра остальных более чем на 0,4 мм (0,5 мм для валов двигателей КДИ) при индивидуальном ремонте допускается шлифование одной этой шейки под следующий ремонтный размер.

При шлифовании сборных коленчатых валов разрешается снимать противовесы. Для того чтобы не нарушить балансировку коленчатого вала, противовесы размечают так, чтобы при сборке все относящиеся к ним детали были установлены на прежнее место.

К шлифованию приступают только после устранения всех дефектов коленчатого вала.

Наиболее часто в ремонтной практике для шлифования шеек применяют шлифовальные станки 3420, 3423, 3А423, ЭН-42.

Для коленчатых валов двигателей СМД-14, Д-240, Д-50, ГАЗ-53 и ЗИЛ-130 применяют также специализированные станки ХШ2-12 (для коренных шеек) и ХШ2-01 (для шатунных шеек).

Станок 3А423 является широкоуниверсальным, пригодным для шлифования как коренных, так и шатунных шеек коленчатых валов почти всех автотракторных двигателей.

Шлифуют сначала коренные шейки и все другие, находящиеся на одной оси с коренными, а затем шатунные. На некоторых предприятиях, где применяют упрочнение галтелей накатыванием, принят обратный порядок шлифования.

При шлифовании коренных шеек используют два варианта базирования: по схемам, показанным на рисунках 19, *д* и 19, *а*.

Первый вариант требует предварительного шлифования шейки под распределительную шестерню и наружной цилиндрической поверхности фланца. Поэтому чаще всего пользуются вторым вариантом, т. е. устанавливают вал в центрах так, чтобы радиальное биение шейки под распределительную шестерню не превышало 0,03 мм, а фланца под маховик — 0,05 мм.

Перед шлифованием шлифовальный круг правят алмазным карандашом, закрепленным в оправке, при обильном охлаждении эмульсией. Цилиндрическую часть круга правят, перемещая оправку с алмазным карандашом в горизонтальной плоскости, а галтели — качанием оправки с карандашом в этой же плоскости. Боковые плоскости круга обрабатывают до требуемой ширины при поперечной подаче шлифовальной бабки.

Последовательность шлифования коренных шеек может быть различна.

Шлифование шатунных шеек обычно выполняют на другом станке, оборудованном центросместителями, обеспечивающими совпадение осей шатунных шеек с осью вращения станка. При централизованном ремонте применяют жесткие (нерегулируемые) центросместители.

Установку коленчатого вала и шлифование шатунных шеек в жестких центросместителях выполняют в такой последовательности. Планшайбы передней и задней бабок станка стопорят выдвижными фиксаторами. Коленчатый вал устанавливают на вкладыши центросместителей, а затем смещают в осевом направлении вправо (рис. 21 — положение вала показано пунктирной линией) до упора в ведомый патрон. Затем вал вручную поворачивают до такого положения, при котором фрезерованная площадка первой щеки расположится против соответствующего фиксирующего выступа делительной скобы. После этого коленчатый вал сме-

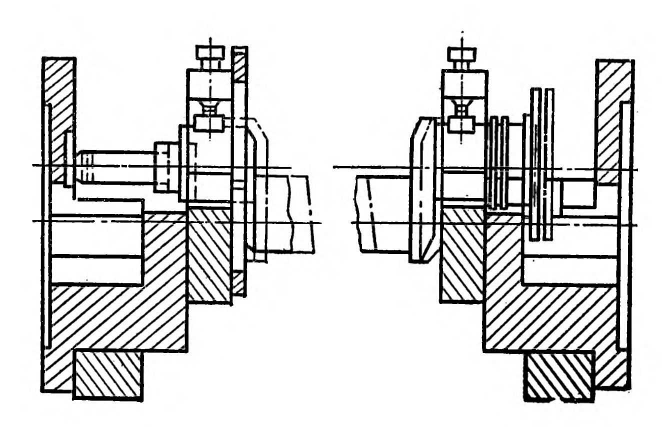


Рис. 21. Положение коленчатого вала в патронах станка при шлифовании в жестких центросместителях.

щают влево до соприкосновения с ведущим патроном, поворачивают его до упора фиксирующего выступа делительной скобы в фрезерованную площадку щеки вала и закрепляют зажимными устройствами обоих патронов. Планшайбы снимают с фиксаторов и шлифуют две шатунные шейки, оси которых совмещены с осью вращения шпинделя станка.

По окончании шлифования станок останавливают, обе планшайбы устанавливают на фиксаторы, а затяжку зажимных болтов ослабляют. Вал сдвигают вправо, поворачивают на 120°, сдвигают влево, поворачивают до упора фрезерованной площадки щеки в следующий выступ делительной скобы, после чего крепят зажимными устройствами патронов. В результате этого ось вращения шпинделя станка совмещается с осью следующей пары шатунных шеек, которую шлифуют так же, как предыдущую.

а б в

Рис. 22. Шаблоны:

а — для установки коленчатого вала по изношенным шатунным шейкам; *б* — для соблюдения параллельности оси шеек поверхностям направляющих станины; *в* — для установки коленчатого вала по прошлифованным коренным шейкам.

При регулируемых центросместителях установку вала проверяют по одной из шатунных шеек шаблоном, выполненным в виде перемещающейся в вертикальном направлении призмы.

Шаблон (рис. 22, *а*), поставляемый со станком, предназначен для установки коленчатых валов двигателей всех марок по изношенным шатунным шейкам, но он не обеспечивает сохранения радиуса кривошипа коленчатого вала. Чтобы не изменять радиус кривошипа, пользуются шаблоном (рис. 22, *в*), при помощи которого изношенные шатунные шейки устанавливают по прошлифованным коренным. Расстояние от основания до оси неподвижной призмы у этого шаблона равно высоте центров станка плюс радиус кривошипа шлифуемого вала. Можно также в вертикальной плоскости устанавливать вал при помощи шаблона с подвижной призмой (рис. 22, *б*), хотя он предназначен главным образом для соблюдения параллельности оси шеек поверхностям направляющих станины.

При шлифовании шатунных шеек необходимо, чтобы их оси были параллельны осям коренных шеек. Для этого коленчатый вал устанавливают на станке так, чтобы ось коренных шеек была параллельна оси центров станка. При этом должен быть выдержан радиус кривошипа. Чтобы обеспечить оба эти условия, крайние коренные шейки устанавливают по измерительным линейкам на планшайбах или по шаблону (рис. 22, *б*). Обе крайние коренные шейки должны располагаться на одинаковой высоте над станиной станка. Расстояние от оси центров станка до оси коренных шеек вала должно быть равно радиусу кривошипов. Если радиус соответствует заданному, то установка на этом заканчивается и можно шлифовать шатунные шейки. Однако такая установка не гарантирует расположения геометрических осей всех шеек коленчатого вала в одной плоскости (для плоского вала) или под заданным углом (120° для автомобильных коленчатых валов). Точную угловую координацию шатунных шеек нельзя получить по изношенным коренным шейкам вала.

Конструкция регулируемого центросместителя предусматривает возможность такой координации. Для этого после установки вала по радиусу кривошипа и совмещения шатунных шеек одной стороны вала с осью шпинделя станка ослабляют затяжку болтов, вы-

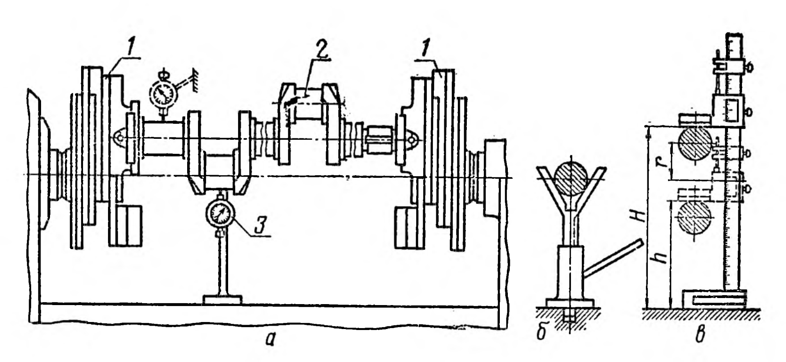


Рис. 23. Схема установки коленчатого вала на станке для обработки шатунных шеек:

а — общий вид установки; *б* — выверка установки вала подвижной призмой; *в* — выверка радиуса кривошипа и соблюдение параллельности осей коренных шеек и шпинделя станка; *1* — центросместитель; *2* — коленчатый вал; *3* — индикатор.

водят фиксатор из гнезда и проворачивают вал вместе с патронами вокруг оси центросместителя до требуемого положения. Индикатор *3* (рис. 23) служит для точной проверки совмещения осей патронов на центросместителях. После этого патроны снова ставят на фиксаторы и затягивают болтами.

После установки коленчатый вал уравновешивают противовесами и приступают к шлифованию. Шлифуют шатунные шейки попарно.

Шатунные, так же, как и коренные шейки, можно шлифовать как при помощи продольной, так и поперечной подач.

Способ поперечной подачи более производителен, однако он требует, чтобы ширина круга точно соответствовала длине шлифуемой шейки. При этом способе погрешности формы имеют большие числовые значения, что требует более частой правки круга. Кроме того, применение радиальной подачи часто ограничивается недостаточной жесткостью шлифуемого вала.

Шейки коленчатого вала шлифуют алундовыми или электрокорундовыми на керамической связке шлифовальными кругами зернистостью 16—60; твердостью СМ2, С1, С2, СТ1 и СТ2.

Режимы шлифования: окружная скорость шлифовального круга — 25—35 м/с, окружная скорость шлифуемой поверхности 18—25 м/мин при шлифовании

коренных шеек и 7—12 м/мин при шлифовании шатунных шеек; поперечная подача круга при черновом шлифовании 0,02—0,03 мм, при чистовом — 0,003—0,006 мм; продольная подача 7—11 мм на один оборот вала. Шлифовальные круги рекомендуется править после шлифования одного-двух коленчатых валов.

Для предотвращения появления микротрещин при шлифовании применяют обильное охлаждение. Струя охлаждающей жидкости должна полностью покрывать рабочую поверхность шлифовального круга. В качестве охлаждающей жидкости используют 3—4%-ный раствор кальцинированной соды или эмульсию (10 г эмульсирующего масла на 1 л воды).

На шлифованной поверхности не должно быть рисок и черновин.

При шлифовании шеек конусность и овальность не должны превышать 0,015 мм и должна быть обеспечена точность диаметральных размеров, так как под последующую обработку оставляют припуск всего 0,005 мм. Перед полированием шеек раззенковывают и полируют острые края масляных каналов и упрочняют галтели.

УПРОЧНЕНИЕ ГАЛТЕЛЕЙ

При шлифовании под ремонтный размер, а также при различных способах восстановления коленчатых валов их усталостная прочность снижается. Восстановить усталостную прочность коленчатых валов применением термической обработки невозможно, потому что усталостные дефекты на поверхности в виде микротрещин при этом не устраняются, а увеличиваются вследствие проникновения в них газов, образования окалины и т. д. Кроме того, при закалке шеек токами высокой частоты закаленная зона на шейках находится на расстоянии 6—8 мм от щек, а галтели, являясь опасным сечением, остаются незакаленными. Поэтому усталостные разрушения в зоне галтелей — одна из частых причин поломок коленчатых валов.

В связи с этим особое значение приобретают способы упрочнения, связанные с пластическим деформированием упрочняемых поверхностей. К таким способам относятся механическая и виброгидравлическая чеканка, обкатка роликами, электро- и термомеханическая обработка. В большинстве случаев способы упрочнения по-

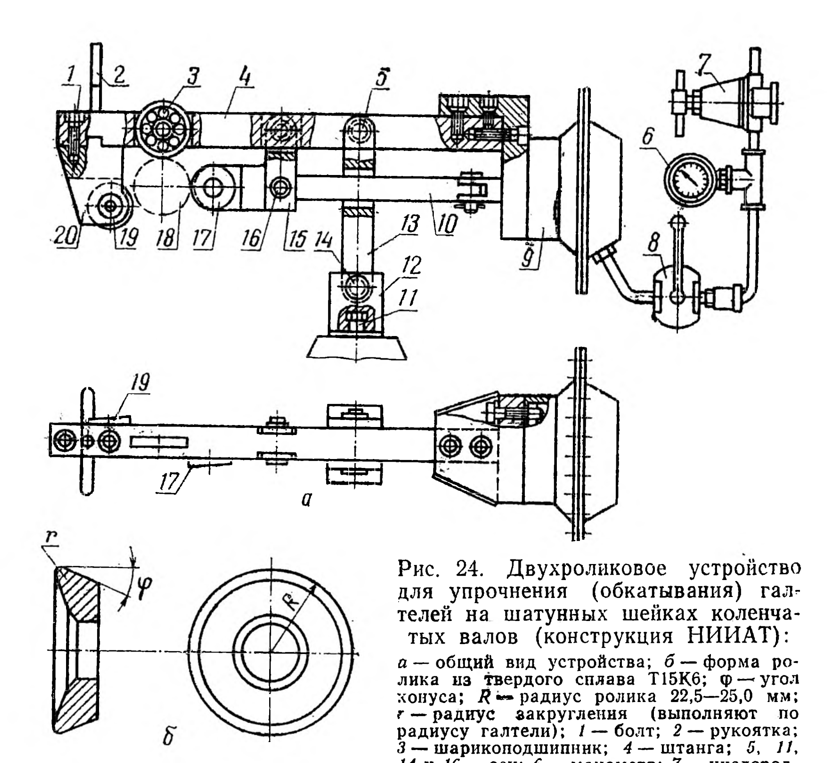


Рис. 24. Двухроликовое устройство для упрочнения (обкатывания) галтелей на шатунных шейках коленчатых валов (конструкция НИИАТ):

а — общий вид устройства; *б* — форма ролика из твердого сплава Т15К6; φ — угол конуса; *R* — радиус ролика 22,5—25,0 мм; *r* — радиус закругления (выполняют по радиусу галтели); *1* — болт; *2* — рукоятка; *3* — шарикоподшипник; *4* — штанга; *5*, *11*, *14* и *16* — оси; *6* — манометр; *7* — кислородный редуктор; *8* — кран; *9* — пневмокамера; *10* — шток; *12* — основание; *13* — шатун; *15* — прижимной кронштейн; *17* и *19* — упрочняющие ролики; *18* — шейка коленчатого вала; *20* — кронштейн.

зволяют повысить усталостную прочность валов до уровня новых, а иногда и повысить ее на 15—50%.

Наиболее простым, доступным и эффективным способом упрочнения коленчатых валов является накатывание галтелей роликами из твердого сплава при помощи двухроликового устройства. На рисунке 24 показано устройство, предназначенное для упрочнения (обкатки) галтелей шатунных шеек коленчатых валов двигателей ЗИЛ-164.

Механизм устройства состоит из основания *12*, которое может вращаться в горизонтальной плоскости вокруг оси *11* (основание устанавливают на каретке токарного станка 1К62 в месте крепления подвижного люнета), шатуна *13*, который вместе с механизмом может качаться в вертикальной плоскости во-

круг оси *14*. К шатуну при помощи оси *5* прикреплен упрочняющий механизм, включающий штангу *4* с упрочняющим роликом *19* и поддерживающим шарикоподшипником *3*, кронштейн *20* крепления ролика *19*, болт *1* крепления кронштейна *20* и рукоятку *2* для установки устройства на шейку *18* коленчатого вала.

Упрочняющие ролики *17* и *19* прижимаются к галтелям шеек при помощи сжатого воздуха, поступающего от пневмокамеры *9* (тормозной камеры автомобиля ЗИЛ-164). Усилие передается через шток *10*, ось *16* и кронштейн *15*. Воздух в пневмокамеру *9* подается через кислородный редуктор *7*, манометр *6* при помощи крана *8*. Коленчатый вал устанавливают первой коренной шейкой в патрон станка и отверстием для подшипника в седьмой коренной шейке в центр задней бабки. После прижатия упрочняющих роликов включают станок, при этом частота вращения коленчатого вала должна быть в пределах 40—60 об/мин. Давление роликов на галтели достигает 8000—8500 Н (800—850 кгс). Время упрочнения (обкатки) 0,12—0,18 мин. Полное упрочнение галтелей на всех шатунных шейках выполняют за 2,5—3 мин.

Таблица 16. **Режим упрочнения галтелей шатунных шеек обкаткой**

Показатели	Коленчатый вал двигателя		
	ГАЗ-51	ЗИЛ-164	ЗИЛ-130
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	50—60	45—55	40—50
Усилие давления роликов на галтель, Н (кгс)	5000—5500 (500—550)	7000—7500 (700—750)	8000—8500 (800—850)
Машинное время обработки одной шейки, мин	0,10—0,15	0,10—0,15	0,12—0,18
Радиус закругления роликов, мм	2,0—2,1	2,3—2,6	1,5—1,7
Смазывающая жидкость	Индустриальное масло		
Предшествующая обработка	Шлифование		
Уменьшение диаметра галтели после упрочнения, мм	0,10—0,15	0,10—0,15	0,10—0,15
Класс шероховатости поверхности после обработки	8—9	8—9	8—9

Показатели	Коленчатый вал двигателя	
	ЯМЗ-236	МАЗ-200
Частота вращения коленчатого вала, об/мин	35—40	35—40
Усилие давления роликов на галтель, Н (кгс)	8000—8500 (800—850)	8000—8500 (800—850)
Машинное время обработки одной шейки, мин	0,15—0,20	0,15—0,20
Радиус закругления роликов, мм	5—6	5—6
Смазывающая жидкость	Индустриальное масло	
Предшествующая обработка	Шлифование	
Уменьшение диаметра галтели после упрочнения, мм	0,10	0,10
Класс шероховатости поверхности после обработки	8—9	8—9

Примечание. При упрочнении ролики должны вращаться.

Упрочняющие ролики *17* и *19* расположены под некоторым углом и находятся с разных сторон шейки вала, что позволяет обкатывать сразу обе галтели по всей их поверхности в заданных радиусах и, кроме того, их можно устанавливать на галтели, смещая устройство вправо или влево по оси упрочняемой шейки и поворачивая вокруг оси *11*, пока не исчезнет зазор между упрочняющими роликами и щеками коленчатого вала.

Режим, рекомендуемый для упрочнения шатунных шеек коленчатых валов при помощи устройства, приведен в таблице 16.

Ролики изготовляют из сталей Х12М, Х12Ф1, Х68Ф и термически обрабатывают до твердости HRC 61—63. Профильные участки роликов проверяют на проекторе и полируют.

Галтели и шейки коленчатого вала обкатывают на токарном станке 163. Головку при помощи рычагов крепят к роликовой тележке, которая свободно перемещается по направляющим, закрепленным на суппорте станка. Роликовая тележка обеспечивает возвратно-

поступательное движение головки при обкатке шатунных шеек.

При обкатке коленчатый вал одним концом устанавливают в поводковом патроне, а другой конец остается свободным. По обе стороны упрочняемой шейки устанавливают люнеты. Такая установка уменьшает деформацию вала при обкатке.

Шейки вала упрочняют в приспособлении описанной конструкции при усилии на ролики 17—25 кН (1,7—2,5 тс).

Особенно эффективным является упрочнение галтелей роликом с качающимся профилем. Ролик изготовляют так, чтобы плоскость его симметрии была расположена под небольшим (0°20′—0°30′) углом к плоскости действия прижимающего усилия при обкатке. Радиус закругления рабочего профиля ролика выбирают меньше (на 10—15%) минимального радиуса кривизны упрочняемой галтели.

Благодаря такой конструкции рабочий профиль ролика за один оборот при обкатке перемещается по образующей галтели от точки ее сопряжения с цилиндрической частью до точки перехода в бурт или щеку. При таком обкатывании по сравнению с обычным достигается дополнительный прирост прочности коленчатого вала на 15—20%. Шероховатость поверхности галтели — 9—10-го класса.

В связи с тем, что усталостные трещины почти у всех коленчатых валов (кроме коленчатых валов двигателей ЗИЛ-164) возникают сначала на шатунных шейках, можно упрочнять только галтели шатунных шеек и участки кромок масляных отверстий, от которых часто развиваются трещины.

После упрочнения галтелей шатунных шеек наблюдается некоторая деформация коленчатых валов. Поэтому для ее устранения рекомендуется следующая технологическая схема восстановления шеек: наплавка коренных, а затем шатунных шеек, предварительное шлифование шатунных и затем коренных, окончательное шлифование шатунных шеек и их упрочнение, правка вала, окончательное шлифование коренных шеек. При таком порядке наплавки и обработки небольшие деформации валов устраняют при окончательной обработке коренных шеек, а при значительных деформациях — обычной правкой.

Для устранения деформаций, вызываемых обкаткой галтелей, при шлифовании шеек под ремонтный размер необходимо соблюдать такую технологическую схему обработки валов: шлифование шатунных шеек под ремонтный размер, упрочнение галтелей шатунных шеек, проверка коренных шеек на биение и, если необходимо, правка до требуемой соосности, шлифование коренных шеек под ремонтный размер, полирование всех шеек до требуемого класса шероховатости.

Разновидностью упрочнения роликами является упрочнение с нагревом упрочняемой поверхности. Этот способ называется *термомеханическим упрочнением*. Он разработан в 1968—1972 гг. под руководством профессора И. А. Бегагоена. Сущность его заключается в том, что упрочняемую поверхность перед накатыванием нагревают (электроконтактным, индукционным или газопламенным способами) до 350—500° С. Усилие накатывания при этом по сравнению с данными, приведенными в таблице 16, должно быть уменьшено примерно на 15%. Сочетание механических и тепловых режимов позволяет по сравнению с обычным накатыванием получить дополнительный прирост усталостной прочности вала на 5—20%.

ПОЛИРОВАНИЕ И СУПЕРФИНИШИРОВАНИЕ ШЕЕК

В условиях мелкосерийного ремонтного производства шейки коленчатых валов полируют на токарных станках, используя универсальные приспособления с полировальными хомутами.

Давление полировальных хомутов на шейки коленчатого вала контролируют при помощи специального устройства. Это давление должно быть в пределах 100—120 Н (10—12 кгс).

В качестве полирующего материала применяют пасту ГОИ, или алмазную пасту, которую накладывают или наносят тонким слоем на фетровую ленту хомутов.

Продолжительность полирования при частоте вращения коленчатого вала 150 об/мин находится в пределах 3—5 мин.

При серийном и массовом ремонтах коленчатых валов шейки полируют на специальных полировальных станках и стендах.

На одноименные шейки коленчатых валов надевают плотно прилегающие захваты, удерживаемые стягивающими пружинами. Захваты двухслойные, верхний слой — стальная лента, нижний — кожа, натертая мелкозернистой пастой. Кроме этого, применяют эластичную алмазную ленту, позволяющую получать высокое качество поверхности при одновременном повышении производительности труда.

Для полирования и доводки шеек коленчатых валов двигателя ГАЗ-51 применяют станок ПВК01-71, на котором можно одновременно вращать вал и создавать возвратно-поступательное колебание вала. При этом циклы вращения и поступательного движения не одинаковые и не кратные один другому. Коленчатый вал, установленный в центрах станка, делает 95 об/мин, эксцентрик, обеспечивающий возвратно-поступательные колебания вала, — 143 об/мин, а шейка вала перемещается вдоль оси на 6 мм. Удельное давление на ленту во время доводки шейки 0,035—0,040 МПа (0,35—0,40 кгс/см²). Продолжительность полирования одного вала 30—35 с. Благодаря такой кинематике отполированные шейки не имеют кольцевых рисок, а шероховатость поверхности соответствует 8—9 классам.

Станок состоит из передней бабки *3* (рис. 25), которая фиксирует коленчатый вал *5* и при помощи чер-

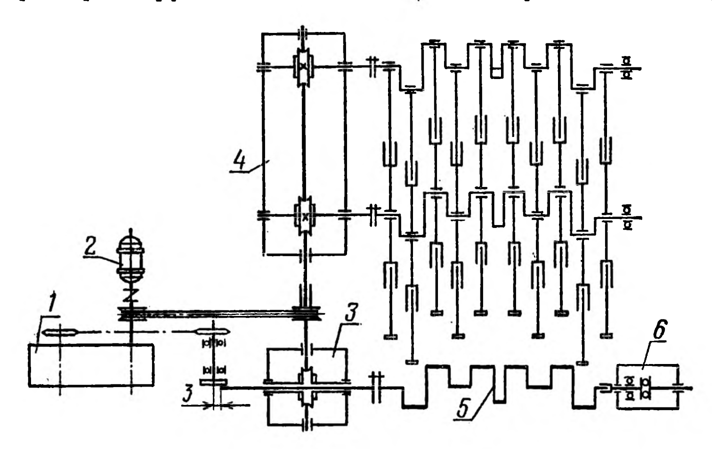


Рис. 25. Кинематическая схема станка ПВК01-71:

1 — насосная установка; *2* — электродвигатель; *3* — передняя бабка; *4* — привод штанг; *5* — обрабатываемый коленчатый вал; *6* — задняя бабка.

вячного редуктора сообщает ему вращательное и поступательное движения; задней бабки *6*; привода *4* штанг, передающего вращательное движение двум технологическим валам, рабочие штанги которых прижимают алмазные ленты к шейкам обрабатываемого вала *5*; насосной установки *1*, от которой охлаждающая жидкость (эмульсия) по шлангам поступает к каждой полируемой шейке вала; электродвигателя *2* мощностью 3 кВт, частота вращения ротора которого 1430 об/мин.

При использовании этого станка производительность труда повышается в 4,3 раза.

Для доводки шеек коленчатых валов в условиях крупносерийного и массового ремонтов вместо полирования часто применяют суперфиниширование, представляющее собой метод особо чистой отделки наружных цилиндрических поверхностей. Суперфиниширование выполняют головкой, оснащенной абразивными брусками. При этом процессе используют три вида движения: вращение коленчатого вала, продольное перемещение (подача) и колебательное движение брусков вдоль оси шейки. Главным рабочим движением является колебательное движение головки (2—6 мм) с абразивными брусками (рис. 26). При суперфинишировании применяют так называемый принцип неповторяющегося следа, заключающийся в том, что каждое отдельное зерно абразива не проходит дважды по одному и тому же пути.

Удельное давление абразивных брусков мало, поэтому поверхность при обработке не нагревается, а только срезаются гребешки, оставшиеся после шлифования.

Зернистость брусков выбирают 8—3 по ГОСТ 3647—59. Охлаждающая жидкость при суперфинишировании, кроме охлаждения, также смазывает обрабатываемую поверхность. Обычно применяют смесь керосина с маслом.

При шлифовании коленчатых валов под суперфиниширование оставляют припуск 0,005 мм, что примерно соответствует высоте микронеровностей. Погрешности формы (овальность, конусность) в процессе суперфиниширования не устраняются.

Суперфиниширование по сравнению с полированием обеспечивает более высокие эксплуатационные свойства поверхностей. В частности, при обработке закален-

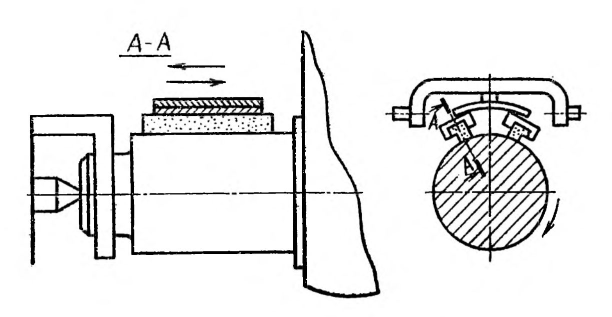


Рис. 26. Схема суперфиниширования.

ной стали суперфиниширование повышает микротвердость поверхностного слоя. Кроме того, поверхность, обработанная по принципу неповторяющегося следа, лучше удерживает масляную пленку, что в 1,2—1,5 раза повышает износостойкость шеек. Особенно эффективным является суперфиниширование алмазными брусками АБХ8×3×33, М-100.

В процессе суперфиниширования не следует упирать абразивные бруски в щеки коленчатого вала.

Для суперфиниширования применяют следующие станки.

1. Специальный полуавтомат 3875К со сменными наладками для обработки коленчатых валов двигателей СМД-14, Д-50, Д-240, Д-37М, Д-48Л, Д-65Н.

2. Специальный упрощенный станок — головка СШ-301 (устанавливается на станок 3А423) для обработки коленчатых валов двигателей Д-16, Д-21, Д-108, А-41М, А-01М, СМД-60, ЯМЗ-238НБ, ЗИЛ-130, ГАЗ-53.

3. Станок СШ-1 для суперфиниширования шеек коленчатых валов двигателей ГАЗ-51 и ЗИЛ-120 со сменными наладками на каждый вал.

Суперфиниширование выполняют при частоте вращения вала 31; 61 об/мин и числе двойных ходов осцилирования 400; 200 в минуту.

Шероховатость поверхности при шлифовании 7—8-й класс, при полировании и суперфинишировании — 9—10-й класс.

Шероховатость поверхностей шеек на рабочих местах контролируют, не снимая коленчатый вал со станка, методом сравнения с эталонами.

Операция полирования или суперфиниширования является завершающей операцией механической обработки ремонтируемого вала. Ей подвергают все 100% валов, поступающих в ремонт.

ОСНОВНЫЕ РЕМОНТНЫЕ РАЗМЕРЫ

В таблице 1 приведены основные характеристики коленчатых валов и наиболее важные их размеры.

В таблицах 17—22* приведены нормальные и ремонтные размеры шеек коленчатых валов.

Сводная таблица геометрических параметров восстановленных поверхностей коленчатых валов приведена в приложении 2.

Глава 5

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДРУГИХ ЭЛЕМЕНТОВ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ОТВЕРСТИЙ

В различных конструкциях коленчатых валов встречаются следующие разновидности отверстий: отверстия под подшипник муфты сцепления, отверстия под штифты для крепления маховика, отверстия масляных каналов.

Поверхности отверстий под подшипники и штифты должны соответствовать 2-му классу точности, а шероховатость—7-му классу.

Отверстия под подшипник восстанавливают одним из следующих методов: постановкой втулки, вибродуговой наплавкой, наплавкой в среде углекислого газа, электроискровым наращиванием.

Чаще других применяют метод постановки втулки. Для этого гнездо под подшипник растачивают на токарном станке. Вал *3* (рис. 27) устанавливают шейкой под шестерню в кулачковый патрон *2* и задней коренной шейкой в люнет *1*. Точность расточенного отверстия 3-го класса.

---

* Таблицы составлены под руководством А. Б. Поляченко по материалам ГОСНИТИ.

Таблица 17. Размеры шеек автомобильных коленчатых валов, мм

Обозначение нормальных (заводских) и ремонтных размеров	Марка автомобиля					
	ГАЗ-51, ГАЗ-53, ГАЗ-53Ф		ЗИЛ-130		ЗИЛ-150, ЗИЛ-164	
	двигатель ГАЗ-51		двигатель ЗИЛ-130		двигатель ЗИЛ-120	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальный Н	$51,5_{-0,013}$	$64,0_{-0,013}$	$65,5_{-0,013}$	$75,00_{-0,013}$	$62,0_{-0,025}$	$66_{-0,025}$
Ремонтные:						
Р1	$51,25_{-0,02}$	$63,75_{-0,02}$	$65,45_{-0,013}$	$74,95_{-0,013}$	$61,7_{-0,02}$	$65,7_{-0,02}$
Р2	$51,00_{-0,02}$	$63,50_{-0,02}$	$65,20_{-0,013}$	$74,70_{-0,013}$	$61,4_{-0,02}$	$65,4_{-0,02}$
Р3	$50,75_{-0,02}$	$63,25_{-0,02}$	$64,90_{-0,013}$	$74,40_{-0,013}$	$61,0_{-0,02}$	$65,0_{-0,02}$
Р4	$50,50_{-0,02}$	$63,00_{-0,02}$	$64,50_{-0,013}$	$74,00_{-0,013}$	$60,5_{-0,02}$	$64,5_{-0,02}$
Р5	$50,25_{-0,02}$	$62,75_{-0,02}$	$64,25_{-0,013}$	$74,75_{-0,013}$	$60,0_{-0,02}$	$64,0_{-0,02}$
Р6	$50,00_{-0,02}$	$62,50_{-0,02}$	$64,00_{-0,013}$	$73,50_{-0,013}$		
Р7			$63,50_{-0,013}$	$73,00_{-0,013}$		

Таблица 18. Размеры шеек коленчатых валов автомобилей, тракторов и самоходных шасси, мм

Обозначение нормальных (заводских) и ремонтных размеров	Марка автомобиля или трактора					
	ГАЗ-53А, ГАЗ-53Б		К-700, К-701		Т-25, Т-16М	
	двигатель ГАЗ-53		двигатель ЯМЗ-238НБ		двигатель Д-21	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальные:						
1Н	$60{,}0_{-0{,}013}$	$70{,}0_{-0{,}013}$	$85{,}0_{-0{,}015}$	$105{,}0_{-0{,}015}$	$65{,}25^{-0{,}06}_{-0{,}08}$	$70{,}25^{-0{,}065}_{-0{,}085}$
2Н	$59{,}95_{-0{,}013}$	$69{,}95_{-0{,}013}$	$84{,}75_{-0{,}015}$	—	$65{,}00^{-0{,}06}_{-0{,}08}$	$70{,}00^{-0{,}065}_{-0{,}085}$
Ремонтные:						
Р1	$59{,}75_{-0{,}013}$	$69{,}75_{-0{,}013}$	—	$104{,}75_{-0{,}015}$	$64{,}50^{-0{,}06}_{-0{,}08}$	$69{,}50^{-0{,}065}_{-0{,}085}$
Р2	$59{,}50_{-0{,}013}$	$69{,}50_{-0{,}013}$	$84{,}50_{-0{,}015}$	$104{,}50_{-0{,}015}$	$64{,}00^{-0{,}06}_{-0{,}08}$	$69{,}00^{-0{,}065}_{-0{,}085}$
Р3	$59{,}25_{-0{,}013}$	$69{,}25_{-0{,}013}$	$84{,}25_{-0{,}015}$	$104{,}25_{-0{,}015}$	$63{,}50^{-0{,}06}_{-0{,}08}$	$68{,}50^{-0{,}065}_{-0{,}085}$
Р4	$59{,}00_{-0{,}013}$	$69{,}00_{-0{,}013}$	$84{,}00_{-0{,}015}$	$104{,}00_{-0{,}015}$	$63{,}00^{-0{,}06}_{-0{,}08}$	$68{,}00^{-0{,}065}_{-0{,}085}$
Р5	$58{,}75_{-0{,}013}$	$68{,}75_{-0{,}013}$	$83{,}75_{-0{,}015}$	$103{,}75_{-0{,}015}$		
Р6	$58{,}50_{-0{,}013}$	$68{,}50_{-0{,}013}$	$83{,}50_{-0{,}015}$	$103{,}50_{-0{,}015}$		

Таблица 19. Размеры шеек тракторных коленчатых валов, мм

Обозначение нормальных (заводских) и ремонтных размеров	Марка тракторов					
	ДТ-54А, ДТ-55А		МТЗ-5, МТЗ-5К, МТЗ-5М, МТЗ-5Л		Т-80В, МТЗ-50, МТЗ-50Л, МТЗ-52	
	двигатели Д-54А, Д-75		двигатели Д-36, Д-40, Д-40К, Д-40М, Д-48		двигатели Д-50, Д-50Л	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальные:						
0	$85^{+0,17}_{+0,15}$	$85^{+0,17}_{+0,15}$	—	—	—	—
1Н	$85^{-0,08}_{-0,10}$	$85^{-0,08}_{-0,10}$	$75,25^{-0,075}_{-0,095}$	$85,25^{-0,08}_{-0,10}$	$68,25^{-0,075}_{-0,090}$	$75,25^{-0,080}_{-0,090}$
2Н	$85^{-0,33}_{-0,35}$	$85^{-0,33}_{-0,35}$	$75,00^{-0,075}_{-0,095}$	$85,00^{-0,08}_{-0,10}$	$68,00^{-0,075}_{-0,090}$	$75,00^{-0,080}_{-0,095}$
Ремонтные:						
Р1	$85^{-0,83}_{-0,85}$	$85^{-0,58}_{-0,60}$	$74,25^{-0,075}_{-0,095}$	$84,5^{-0,08}_{-0,10}$	$67,5^{-0,075}_{-0,090}$	$74,5^{-0,080}_{-0,095}$
Р2	$84^{-0,58}_{-0,60}$	$84^{-0,08}_{-0,10}$	$73,50^{-0,075}_{-0,095}$	$84,0^{-0,08}_{-0,10}$	$67,0^{-0,075}_{-0,090}$	$74,0^{-0,080}_{-0,095}$
Р3	$83^{-0,33}_{-0,35}$	$84^{-0,58}_{-0,60}$	$72,75^{-0,075}_{-0,095}$	$83,5^{-0,08}_{-0,10}$	$66,5^{-0,075}_{-0,090}$	$73,5^{-0,080}_{-0,095}$
Р4	$82^{-0,08}_{-0,10}$	$83^{-0,08}_{-0,10}$	$72,00^{-0,075}_{-0,095}$	$83,0^{-0,08}_{-0,10}$	$66,0^{-0,075}_{-0,090}$	$73,0^{-0,080}_{-0,095}$
Р5			$71,25^{-0,075}_{-0,095}$	$82,5^{-0,08}_{-0,10}$		
Р6			$70,50^{-0,075}_{-0,095}$	$82,0^{-0,08}_{-0,10}$		
Р7			$69,75^{-0,075}_{-0,095}$	$81,5^{-0,08}_{-0,10}$		
8Р			$69,00^{-0,075}_{-0,095}$	$81,0^{-0,08}_{-0,10}$		

Таблица 20. **Размеры шеек тракторных коленчатых валов, мм**

Обозначение нормальных (заводских) и ремонтных размеров	Марка тракторов					
	КМЗ-6Л, МТЗ-52, МТЗ-50, Т-54В, МТЗ-82, МТЗ-80		Т-100М		ДТ-75М	
	двигатели Д-50, Д-240		двигатель Д-108		двигатель А-41М	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальные:						
1Н	$68,25^{-0,075}_{-0,090}$	$75,25^{-0,080}_{-0,090}$	$92,25^{-0,040}_{-0,075}$	$95,25^{-0,040}_{-0,075}$	$88_{-0,023}$	$105,0_{-0,023}$
2Н	$68,00^{-0,075}_{-0,090}$	$75,0^{-0,080}_{-0,095}$	$92,00^{-0,040}_{-0,075}$	$95,00^{-0,040}_{-0,075}$	—	—
Ремонтные:						
Р1	$67,50^{-0,075}_{-0,090}$	$74,5^{-0,080}_{-0,095}$	$91,25^{-0,040}_{-0,075}$	$94,5^{-0,040}_{-0,075}$	$87,75_{-0,023}$	$104,75_{-0,023}$
Р2	$67,0^{-0,075}_{-0,090}$	$74,0^{-0,080}_{-0,095}$	$90,50^{-0,040}_{-0,075}$	$94,0^{-0,040}_{-0,075}$	$87,50_{-0,023}$	$104,50_{-0,023}$
Р3	$66,5^{-0,075}_{-0,090}$	$73,5^{-0,080}_{-0,095}$	$89,75^{-0,040}_{-0,075}$	$93,5^{-0,040}_{-0,075}$	$87,25_{-0,023}$	$104,25_{-0,023}$
Р4			$89,00^{-0,040}_{-0,075}$	$93,0^{-0,040}_{-0,075}$	$87,00_{-0,023}$	$104,00_{-0,023}$
Р5			$88,25^{-0,040}_{-0,075}$	$92,5^{-0,040}_{-0,075}$		
Р6				$92,0^{-0,040}_{-0,075}$		

Таблица 21. Размеры шеек тракторных и комбайновых коленчатых валов, мм

Обозначение нормальных (заводских) и ремонтных размеров	Марка тракторов и комбайнов					
	Т-40		Т-38, МТЗ-5ПЛ, МТЗ-5ЛС, МТЗ-5МС		Т-74, ДТ-75, СК-4	
	двигатель Д-37М		двигатели Д-48Л, Д-65Н		двигатели СМД-14, СМД-14А, СМД-15К, СМД-15КФ	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальные:						
1Н	$65{,}25^{-0{,}06}_{-0{,}03}$	$70{,}25^{-0{,}065}_{-0{,}085}$	$75{,}25^{-0{,}075}_{-0{,}095}$	$85{,}25^{-0{,}08}_{-0{,}10}$	$78{,}25^{-0{,}095}_{-0{,}110}$	$88{,}25^{-0{,}100}_{-0{,}115}$
2Н	$65{,}00^{-0{,}06}_{-0{,}03}$	$70{,}00^{-0{,}065}_{-0{,}085}$	$75{,}00^{-0{,}075}_{-0{,}095}$	$85{,}00^{-0{,}08}_{-0{,}10}$	$78{,}00^{-0{,}095}_{-0{,}110}$	$88{,}00^{-0{,}100}_{-0{,}115}$
Ремонтные:						
Р1	$64{,}5^{-0{,}06}_{-0{,}08}$	$69{,}5^{-0{,}065}_{-0{,}085}$	$74{,}25^{-0{,}075}_{-0{,}095}$	$84{,}50^{-0{,}08}_{-0{,}10}$	$77{,}25^{-0{,}095}_{-0{,}110}$	$87{,}50^{-0{,}100}_{-0{,}115}$
Р2	$64{,}0^{-0{,}06}_{-0{,}08}$	$69{,}0^{-0{,}065}_{-0{,}085}$	$73{,}50^{-0{,}075}_{-0{,}095}$	$84{,}00^{-0{,}03}_{-0{,}10}$	$76{,}50^{-0{,}095}_{-0{,}110}$	$87{,}00^{-0{,}100}_{-0{,}115}$
Р3	$63{,}5^{-0{,}06}_{-0{,}08}$	$68{,}5^{-0{,}065}_{-0{,}085}$	$72{,}25^{-0{,}075}_{-0{,}095}$	$83{,}50^{-0{,}08}_{-0{,}10}$	$75{,}75^{-0{,}095}_{-0{,}110}$	$86{,}50^{-0{,}100}_{-0{,}115}$
Р4	$63{,}0^{-0{,}06}_{-0{,}08}$	$68{,}0^{-0{,}065}_{-0{,}085}$	$72{,}00^{-0{,}075}_{-0{,}095}$	$83{,}00^{-0{,}03}_{-0{,}10}$	$75{,}00^{-0{,}095}_{-0{,}110}$	$86{,}00^{-0{,}100}_{-0{,}115}$
Р5			$71{,}25^{-0{,}075}_{-0{,}095}$	$82{,}50^{-0{,}03}_{-0{,}10}$		
Р6			$70{,}50^{-0{,}075}_{-0{,}095}$	$82{,}00^{-0{,}03}_{-0{,}10}$		
Р7			$69{,}75^{-0{,}075}_{-0{,}095}$	$81{,}50^{-0{,}03}_{-0{,}10}$		
Р8			$69{,}00^{-0{,}075}_{-0{,}095}$	$81{,}00^{-0{,}03}_{-0{,}10}$		

Таблица 22. Размеры шеек коленчатых валов тракторов и самоходных шасси, мм

Обозначение нормальных (заводских) и ремонтных размеров	Марка тракторов и самоходных шасси					
	Т-4, Т-4М		Т-150		Т-16	
	двигатель А-01М		двигатель СМД-60		двигатель Д-16	
	шатунные	коренные	шатунные	коренные	шатунные	коренные
Нормальные:						
1Н	$105,0_{-0,015}$	$85,0_{-0,015}$	$85,25_{-0,015}$	$92,25_{-0,015}$	$60,25^{-0,065}_{-0,080}$	$60,25^{-0,065}_{-0,080}$
2Н	—	—	$85,00_{-0,015}$	$92,00_{-0,015}$	$60,00^{-0,065}_{-0,080}$	$60,00^{-0,065}_{-0,080}$
Ремонтные:						
Р1	$104,75_{-0,015}$	$84,75_{-0,015}$	$84,50_{-0,015}$	$91,50_{-0,015}$	$59,75^{-0,065}_{-0,080}$	$59,75^{-0,065}_{-0,080}$
Д1	—	—	—	—	$59,50^{-0,065}_{-0,080}$	$59,50^{-0,065}_{-0,080}$
Р2	$104,50_{-0,015}$	$84,50_{-0,015}$	$84,00_{-0,015}$	$91,00_{-0,015}$	$59,25^{-0,065}_{-0,080}$	$59,25^{-0,065}_{-0,080}$
Д2	—	—	—	—	$59,00^{-0,065}_{-0,080}$	$59,00^{-0,065}_{-0,080}$
Р3	$104,25_{-0,015}$	$84,24_{-0,015}$	$83,50_{-0,015}$	$90,50_{-0,015}$	$58,75^{-0,065}_{-0,080}$	$58,75^{-0,065}_{-0,080}$
Р4	$104,00_{-0,015}$	$84,00_{-0,015}$	$83,00_{-0,015}$	$90,00_{-0,015}$		

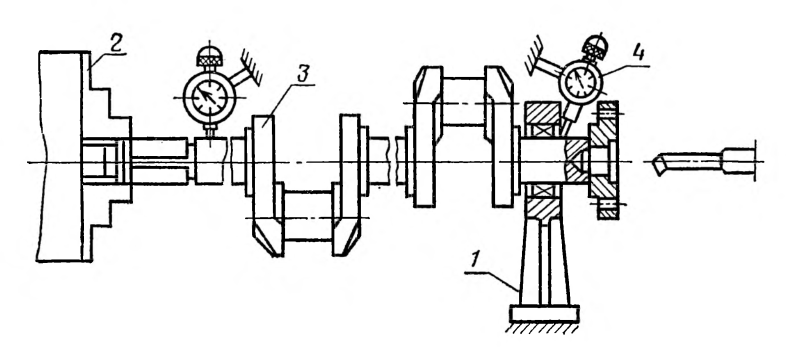


Рис. 27. Схема установки коленчатого вала на токарном станке для обработки гнезда под подшипник:

1 — люнет; *2* — кулачковый патрон; *3* — коленчатый вал; *4* — индикатор.

В подготовленное гнездо запрессовывают втулку под прессом при помощи специальной оправки. После запрессовки вал снова устанавливают на токарный станок и выверяют индикатором по задней коренной шейке с точностью 0,03 мм. Затем подрезают выступающий торец втулки заподлицо с торцом фланца, растачивают за несколько проходов отверстие и снимают фаску.

Растачиваемое отверстие контролируют при помощи индикаторного нутромера.

Толщина втулки после растачивания должна быть 2—4 мм. Поверхность отверстия должна быть чистой, овальность и конусность допускается не более 0,02—0,03 мм, биение относительно коренных шеек вала—не более 0,03 мм.

Изношенные отверстия во фланце под штифты крепления маховика обрабатывают под ремонтный размер. Операцию обычно выполняют на вертикально-сверлильном станке зенкерованием и развертыванием разверткой из быстрорежущей стали.

При обработке отверстий следует иметь в виду, что диаметр их увеличен ввиду разбивки отверстий штифтами под действием центробежных сил, действующих на маховик. Поэтому для восстановления прежнего положения осей отверстий зенкер принудительно направляют при помощи накладных кондукторов.

При незначительной разбивке отверстий обходятся только развертыванием по кондуктору без предварительного зенкерования.

Острые кромки масляных каналов, выходящие на поверхность шеек, являются причиной задиров на вкладышах. Как в процессе шлифования под ремонтный размер, так и в процессе восстановления шеек наплавкой появление острых кромок в этих местах неизбежно. Поэтому независимо от вида ремонта фаски масляных каналов должны быть обработаны до шероховатости не ниже 7-го класса.

В наплавленных валах после токарной обработки или предварительного шлифования на сверлильном станке пробивают глиняные заглушки в масляных каналах и зенкеруют отверстия на глубину 4—5 мм твердосплавным зенкером при ручной подаче. Скорость резания—15—25 м/мин.

Если вал шлифуют под ремонтный размер, то перед шлифованием углубляют фаски и зачищают их при помощи переносной шлифовальной машинки. Перед полированием шеек рекомендуется полировать фаски.

В процессе ремонта и восстановления коленчатых валов масляные каналы подвержены технологическим загрязнениям. В них могут остаться кусочки огнеупорной глины или графита, стружка, железный порошок суспензии, масло, эмульсия и другие загрязнения. Эти загрязнения необходимо тщательно удалять, так как они служат причиной повышенного износа шеек в процессе эксплуатации.

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ФЛАНЦА

Большинство коленчатых валов оснащено фланцем, предназначенным для крепления маховика. Основные дефекты фланцев: износ и нарушение геометрической формы посадочного диаметра, радиальное и торцовое биение, износ и разбивка отверстий под штифты крепления маховика.

Износ и нарушение геометрической формы устраняют наплавкой и обработкой наплавленных поверхностей на токарном и шлифовальном станках.

Точность посадочного диаметра фланца в большинстве случаев должна соответствовать 2-му классу, а шероховатость торца фланца—6-му классу.

Торцовое биение фланца устраняют протачиванием его на токарном станке. При этом снимают минимальную толщину металла (0,1—0,2 мм).

Таблица 23. **Режим токарной обработки фланца**

Режим обработки	Обработка	
	поверхности фланца	торца фланца
Частота вращения детали, об/мин	200	400
Подача, мм/об	0,3	0,3
Число проходов	2—3	1

Рекомендуемые режимы при обработке фланца приведены в таблице 23.

Если вал неоднократно ремонтировали, то после нескольких подрезаний толщина фланца может выйти за пределы минимально допустимой. В этом случае торец фланца наплавляют. После наплавки необходимо обработать не только торец и поверхность фланца, но и отверстия под болты и штифты крепления маховика независимо от их точности. Процесс ремонта в этом случае усложняется. Поэтому от этих операций чаще всего отказываются и такие валы выбраковывают.

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ РЕЗЬБЫ

Резьбу восстанавливают при ее износе или срыве более двух ниток.

На коленчатых валах нарезают резьбу:

1) наружную от М64×2 до М105×2;

2) внутреннюю:

а) во фланце от М12×1,25 до М20×1,5;

б) под шкив от М12×1,5 до М33×2;

в) под пробки грязеуловителей от М16×1,5 до М33××1,5;

3) маслосгонную высотой от 1,5 до 2,3 мм.

Наружную резьбу обычно не нарезают под ремонтный размер. Поэтому ее восстанавливают наплавкой металла на изношенные участки. Перед наплавкой предварительно стачивают старую резьбу, так как при наплавке она сгорает и в виде шлаковых включений засоряет наплавленный слой металла, что может привести к выкрашиванию резьбы. Толщина наплавленного слоя должна быть достаточна (припуск 2—3 мм на сторону) для того, чтобы получить чистую резьбу. Пос-

Таблица 24. **Нормальные и ремонтные размеры внутренней резьбы**

Размер резьбы		Требуемый диаметр отверстия под ремонтную резьбу, мм
нормальный	ремонтный	
M12×1,5	M14×1,5	12,4
M16×1,5	M18×1,5	16,4
M18×1,5	M20×1,5	18,4
M22×1,5	M24×1,5	22,3
M24×2	M27×2	24,8
M27×1,5	M30×1,5	28,3
M27×2	M30×2	27,8
M33×2	M36×2	33,7

ле наплавки вал протачивают и резьбовыми резцами нарезают резьбу нормального размера (за 4—7 проходов) при скорости резания 10—12 м/мин.

Резьбу в отверстиях восстанавливают одним из следующих способов:

1) растачиванием отверстия и нарезанием новой резьбы ремонтного размера;

2) растачиванием отверстия и постановкой резьбовой пробки (ввертыша), в которой нарезают резьбу уменьшенного или нормального размера;

3) заваркой отверстия, сверлением и нарезанием резьбы уменьшенного размера.

В практике ремонта коленчатых валов чаще других применяют первый способ.

Нормальные и ремонтные размеры резьбы и диаметр растачивания под ремонтную резьбу приведены в таблице 24.

Резьбу в отверстиях под шкив нарезают на токарных станках внутренними резьбовыми резцами или метчиками. Резьбу в отверстиях фланца и на щеках под пробки грязеуловителей нарезают метчиками на вертикально-сверлильных станках, а при индивидуальном ремонте — вручную.

При износе маслосгонной резьбы до глубины, менее допустимой без ремонта (табл. 25), ее углубляют резцом до нормальной глубины (за 3—5 проходов), а резьбовую шейку шлифуют до выведения следов износа.

При индивидуальном ремонте наружную поверхность маслосгонной резьбы протачивают до выведения задиров, обрабатывают резцом специального профиля

Таблица 25. **Глубина маслосгонной резьбы**

Марка двигателя	Глубина, мм	
	нормальная	допустимая при ремонте
ЗИЛ-120, ЗИЛ-130	1,6	1
КДМ-46, КДМ-100, Д-108:		
передняя шейка	1,5+0,5	1
задняя шейка	2,3±0,5	1,5
СМД-14, СМД-7	1,5—0,3	1
Д-75, Д-54А	1,5	1
Д-65Н, Д-48М, Д-48Л, Д-40М, Д-40Л, Д-40К, Д-38	2	1
П-46	1,0	0,7

до нормальной глубины и зачищают наждачной шкуркой.

Допускается изготовление новых резьбовых отверстий во фланце, смещенных по отношению к старым на 30°.

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ ШПОНОЧНЫХ КАНАВОК И ШЛИЦЕВ

Способ ремонта шпоночных канавок во многом зависит от масштаба производства. При индивидуальном ремонте, где допускается подгонка деталей по месту, восстановление шпоночной канавки сводится к тому, что отдельные забоины на гранях канавок снимают напильником.

При большой разработке канавки увеличивают ширину ее на 10—15% и ставят ступенчатую шпонку. Для этого используют универсально-фрезерный станок. Обрабатывают канавку дисковыми или концевыми шпоночными фрезами в приспособлении.

При восстановлении шпоночной канавки под распределительную шестерню необходимо сохранить ее прежнее местоположение, так как от него зависит правильность газораспределения в цилиндре двигателя. Смещение оси шпоночной канавки относительно диаметральной плоскости допускается не более 0,075 мм.

Если шпоночная канавка изношена настолько, что увеличение ее ширины уже недопустимо, то старую канавку заваривают и на валу размечают и фрезеруют новую.

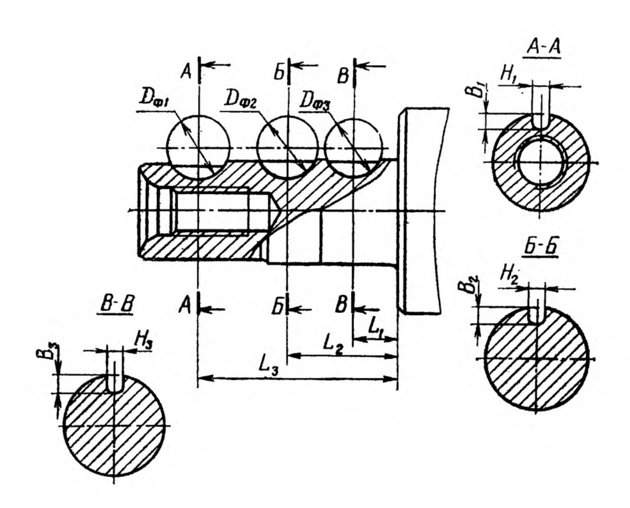


Рис. 28. Геометрические параметры шпоночных канавок коленчатых валов.

В условиях централизованного ремонта необходимо сохранить принцип взаимозаменяемости шпоночных соединений, поэтому изношенные шпоночные канавки восстанавливают заваркой и фрезерованием новой канавки. Шпоночную канавку на шейке под шкив вентилятора допускается фрезеровать в новом месте. Смещение оси шпоночной канавки по отношению к оси вала допускается не более 0,1 мм.

Размеры и форму шпоночных канавок проверяют штангенциркулем или шаблоном, а размещение канавки на валу — рейсмусом. Боковые стенки шпоночных канавок должны быть чистыми, ровными и параллельными плоскости симметрии вала.

При восстановлении шпоночных канавок необходимо выдерживать не только размеры, но и расстояние их до торца первой шейки.

На рисунке 28 показаны геометрические параметры шпоночных канавок коленчатых валов, а в таблице 26 приведены размеры, выдерживаемые при восстановлении шпоночных канавок.

При небольшом износе шлицев по ширине их раздают, используя простейшие приспособления (рис. 29). Для этого посредине шлица на всей его длине чеканят канавки, в результате чего ширина шлица увеличивает-

Таблица 26. **Размеры, выдерживаемые при восстановлении шпоночных канавок коленчатых валов, мм**

Марка двигателя	L_1	L_2	L_3	H_1	H_2	H_3	$D_{ф1}$	$D_{ф2}$	$D_{ф3}$	B_1	B_2	B_3
СМД-14	27,5	—	95	$8^{-0,015}_{-0,055}$	—	$10^{-0,015}_{-0,065}$	50	—	$38^{+2,0}$	5	—	$12,2^{+0,24}$
Д-240	15	39,5	64	$5,4^{-0,010}_{-0,055}$	$6^{-0,010}_{-0,055}$	$6^{-0,010}_{-0,055}$	60	$22^{+2,0}$	$22^{+2,0}$	6	6,5	6,5
Д-16	$11^{+0,43}$	—	43	$8_{-0,03}$	—	$5^{-0,010}_{-0,055}$	40	—	$19^{+2,0}$	4	—	5,7
ГАЗ-51	14	—	54	$8^{+0,06}_{-0,016}$	—	$5^{-0,015}_{-0,055}$	$60_{-1,0}$	—	$25^{+0,14}$	$3,5^{+0,16}$	—	$8,2^{+0,20}$
ГАЗ-53	14	—	54	$8^{+0,06}_{-0,016}$	—	$6^{-0,015}_{-0,055}$	$60_{-1,0}$	—	$25^{+0,14}$	$3,5^{+0,16}$	—	$8,2^{+0,20}$
ЗИЛ-130	20	—	63	$6^{-0,010}_{-0,055}$	—	$6^{-0,010}_{-0,055}$	60	—	$32^{+2,5}$	$3,5^{+0,16}$	—	$10,5^{+0,20}$
ЗИЛ-120	15	—	90	$6^{-0,010}_{-0,055}$	—	$6^{-0,010}_{-0,055}$	$25^{+2,0}$	—	$25^{+2,0}$	$8^{+2,0}$	—	$8^{+0,20}$
Д-50	15	40,5	$75^{+1,0}$	$6^{-0,010}_{-0,055}$	$6^{-0,010}_{-0,055}$	$6^{-0,010}_{-0,055}$	$22^{+2,0}$	$22^{+2,0}$	$22^{+2,0}$	$6,5^{+0,2}$	$6,5^{+0,2}$	$6,5^{+0,2}$
Д-48 Л, Д-65	17	—	62	$6^{-0,010}_{-0,065}$	—	$8^{-0,015}_{-0,065}$	$25^{+2,0}$	—	$32^{+2,5}$	$8,2^{+0,2}$	—	$10,5^{+0,2}$
СМД-60	20	46	110	$10^{-0,015}_{-0,065}$	$8^{-0,015}_{-0,065}$	$5^{-0,010}_{-0,055}$	38	28	19	12,5	$8^{+0,2}$	5,5
Д-37М	17	42	78	$8^{-0,015}_{-0,065}$	$5^{-0,010}_{-0,055}$	$5^{-0,010}_{-0,055}$	25	19	19	7,5	5,7	5,7
Д-21	17	42	78	$8^{-0,015}_{-0,065}$	$5^{-0,010}_{-0,055}$	$5^{-0,010}_{-0,055}$	25	19	19	7,5	5,7	5,7
ЯМЗ-238НБ	20	56	140	$10^{-0,015}_{-0,065}$	$10^{-0,015}_{-0,065}$	$10^{-0,015}_{-0,065}$	$32^{+2,6}$	$32^{+2,6}$	$32^{+2,6}$	$9,7^{+0,2}$	$10^{+0,24}$	$9,7^{+0,2}$

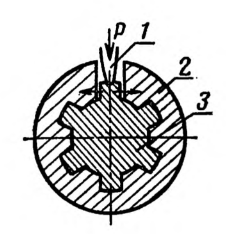


Рис. 29. Восстановление шлицев чеканкой:

1 — чеканка; *2* — шлицевая втулка; *3* — восстанавливаемый вал.

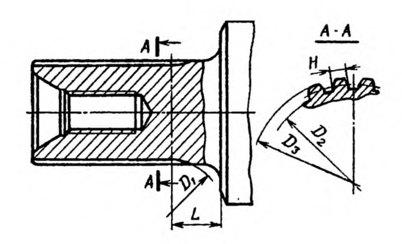


Рис. 30. Геометрические параметры шлицев коленчатых валов двигателей АМ-41 и АМ-01, мм:

$D_1=60$; $D_2=54_{-0,14}$; $D_3=60^{-0,03}_{-0,06}$; $H=5,37^{-0,07}_{-0,15}$; $L=28$.

ся. Затем эту канавку заваривают и шлицы шлифуют. Если шлицевая поверхность вала закалена, перед чеканкой ее отжигают, а после шлифования закаливают.

При большом износе шлицы восстанавливают наплавкой. Можно заварить сплошь или наплавить только их боковые поверхности.

Заваривают вручную электродом Э50А диаметром 3 мм, используя постоянный ток обратной полярности 160—180 А при напряжении 24—26 В, или автоматически под слоем легирующего флюса АН-348 проволокой II класса при токе 170—190 А и напряжении 25—26 В.

Автоматическую наплавку выполняют на токарном станке, применив наплавочную головку А-580М. Вал при этом остается неподвижным, а наплавочной головке сообщают движение подачи вдоль оси коленчатого вала. После каждого прохода вал поворачивается в делительном приспособлении на угол, соответствующий одному шлицу.

Наплавленный таким образом коленчатый вал, обладая высокой твердостью боковых поверхностей шлицев, не может быть обработан фрезерованием, поэтому его предварительно подвергают отжигу при 860—900° С. Отжиг выполняют после наплавки шеек.

После отжига вал протачивают, шлицы фрезеруют на фрезерном станке, закаливают токами высокой частоты при 900—920° С до твердости HRC 50—56 и шлифуют.

На рисунке 30 показаны геометрические параметры шлицев коленчатых валов двигателей АМ-41 и АМ-01.

Глава 6

ЗАВЕРШАЮЩИЕ ОПЕРАЦИИ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Целью завершающих операций является контроль коленчатых валов, т. е. проверка соответствия его параметров техническим условиям, придание продукции товарного вида и оформление документации.

К завершающим операциям относятся выявление возможных скрытых дефектов, динамическая балансировка, окончательная мойка, контроль, консервация и упаковка.

ВЫЯВЛЕНИЕ СКРЫТЫХ ДЕФЕКТОВ

Скрытые трещины, раковины, волосовины, расслоения и другие дефекты деталей из ферромагнитных металлов выявляют при помощи магнитной дефектоскопии.

Валы с кольцевыми трещинами на шейках, с осевыми трещинами, выходящими на галтель, выбраковывают. Допускаются трещины, не выходящие на галтель и длиной не более 15 мм.

Для выявления скрытых дефектов поверхностей деталей наибольшее распространение получил магнитный дефектоскоп М-217, а в мастерских колхозов и совхозов — магнитный передвижной дефектоскоп ДМП-2.

Технические характеристики магнитных дефектоскопов

	М-217	ДМП-2
Тип	Стационарный	Передвижной
Способы намагничивания	Ручными и зажимными контактами и в поле соленоида	Шарнирным электромагнитом, электромагнитным контактом, ручными электроконтактами
Потребляемое напряжение, В	220	220
Максимальный ток намагничивания, А:		
переменный	1500	1200
постоянный	—	350

БАЛАНСИРОВКА

В процессе эксплуатации и ремонта двигателей нарушается сбалансированность коленчатых валов. Поэтому балансировку необходимо выполнять в таком же объеме, как и при изготовлении деталей. Следует иметь в виду, что увеличенный дисбаланс коленчатого вала ухудшает работу двигателя. Установлено, что после ремонта и восстановления дисбаланс коленчатых валов в 6—10 раз превышает допустимый. Дисбаланс повышается в результате перехода на ремонтные размеры шеек коленчатого вала, изменения толщины фланца и размеров отверстий в нем, смещения оси маховика и сцепления относительно оси вала и изменения его геометрических параметров (кривизна, радиус кривошипа, угол между кривошипами и др.).

Балансировку коленчатых валов выполняют перед окончательной (отделочной) операцией. В этом случае лучше сохраняется состояние поверхности шеек и уменьшаются отклонения от правильной геометрической формы коленчатого вала. После ремонта коленчатый вал целесообразно подвергать балансировке сначала отдельно, а затем в сборе с маховиком и сцеплением.

Особенности балансировки коленчатых валов определяются их конструкцией. Так, например, при динамической балансировке коленчатого вала двигателя ЗИЛ-130 на каждую шатунную шейку устанавливают разъемный груз, заменяющий массу отсутствующих при балансировке шатунов и поршневых комплектов. Длина груза должна быть равна длине шатунной шейки. Центр тяжести груза должен быть расположен на оси шатунной шейки посередине ее длины. Груз балансируют статически с допустимым дисбалансом 2 г·см и после этого подгоняют его массу с точностью ± 1 г.

Восстановление балансировки коленчатого вала после ремонта приводит к необходимости наплавлять металл в отверстия в противовесах, просверленные при ранее проводившейся балансировке, или убирать металл высверливанием отверстий или фрезерованием на противовесах площадок. Остаточный дисбаланс, замеренный посередине крайних коренных шеек, не должен превышать 30 г·см на каждом конце вала.

После этого целесообразно проводить балансировку коленчатого вала в сборе со статически отбалансиро-

ванными деталями: маховиком, нажимным диском сцепления с кожухом, ведомым диском сцепления и шкивом вала.

Сначала коленчатый вал балансируют в сборе с маховиком. Дисбаланс устраняют сверлением отверстий в маховике. Остаточный дисбаланс коленчатого вала с маховиком относительно задней коренной шейки не должен превышать 40 г·см. Затем балансировку продолжают в сборе со сцеплением. Остаточный дисбаланс относительно середины задней коренной шейки вала не должен превышать 70 г·см.

Допустимый остаточный дисбаланс для различных типов коленчатых валов колеблется в пределах 15—120 г·см (см. табл. 1).

Для динамической балансировки коленчатых валов рекомендуется использовать универсальную балансировочную машину БМ-У4 модели 4274. Эта машина предназначена для динамической балансировки тел вращения, центр тяжести которых находится между опорами (коленчатый вал, коленчатый вал в сборе с маховиком и сцеплением, ротор электродвигателя и т. д.).

Техническая характеристика балансировочной машины БМ-У4

Наибольший диаметр балансируемой детали, мм	800
Наибольшее расстояние между опорными шейками балансируемой детали, мм	800
Масса балансируемой детали, кг	5—200
Точность определения неуравновешенности балансируемой детали, г·см	5—10
Ошибка определения места расположения неуравновешенности детали в плоскости вращения, °	0—5

Машина состоит из механической части и измерительного устройства с датчиками и стробоскопом для определения места требуемой корректировки. Составными частями машины являются также электрооборудование с электроприводом и устройство для автоматической подачи смазки к вкладышам опор, в которые устанавливают шейками балансируемую деталь.

Механическую часть машины составляют литые чугунные стойки *1* и *13* (рис. 31), плита *14* и трубчатые направляющие *15*. На направляющих укреплены неподвижно опоры *9* и *11* с люльками *10*. После установки в заданное положение опоры фиксируют стопорами. На

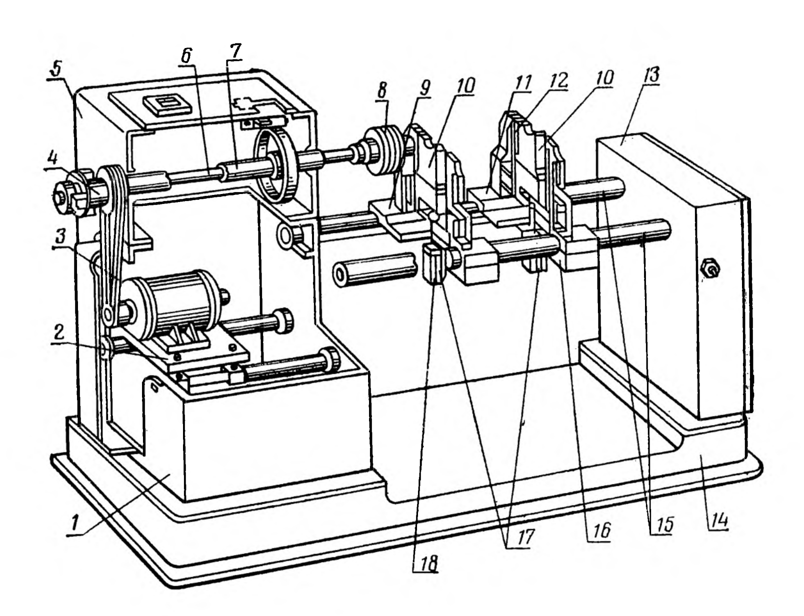


Рис. 31. Динамическая балансировочная машина БМ-У4 модели 4274:

1 и *13* — стойки; *2* — консольная плита; *3* — клиноременная передача; *4* и *8* — пружинные муфты; *5* — шпиндельная бабка; *6* — приводной вал; *7* — шпиндель; *9* и *11* — опоры люлек; *10* — люлька; *12* — стальная лента; *14* — плита; *15* — трубчатые направляющие; *16* — демпфер; *17* — электромагниты; *18* — кронштейн.

стойке *1* расположена шпиндельная бабка *5*, а внутри стойки смонтирован электропривод. Электродвигатель, установленный на консольной плите *2*, передает вращение к шпинделю *7* через клиноременную передачу *3*. На опорах *9* и *11* крепят кронштейны *18* с электромагнитами *17*, которые предназначены для автоматического запирания и отпирания люлек и приведения в действие насосов подачи масла к вкладышам опор. В корпусах опор *9* и *11* на стальных лентах *12* подвешены люльки, колебания которых гасятся демпферами *16*.

Балансируемый коленчатый вал приводится во вращение шпинделем *7*, внутри которого проходит приводной вал *6* с двумя пружинными муфтами *4* и *8*. Эти муфты не препятствуют раскачиванию люлек в поперечном направлении в пределах от 5 до 10 мм.

Измерительное устройство состоит из двух датчиков, вмонтированных в опоры *9* и *11*, лампового усилителя, стробоскопического осветителя и микроамперметра. При

помощи датчиков механические колебания люлек преобразуются в электрические колебания тока. Электрические сигналы поступают на вход усилителя, а затем на измерительный прибор с проградуированной в грамм-сантиметрах (г·см) шкалой.

Измерительный прибор, стробоскопический осветитель, органы управления и настройки измерительного прибора смонтированы на щитке, укрепленном на лицевой стороне шпиндельной бабки.

Работа измерительного устройства заключается в том, что при измерении величины неуравновешенности используются сигналы обоих датчиков. Сигналы, поступившие на вход усилителя, усиленные и сформированные, поступают на измерительный прибор и импульсную безинерционную лампу ИФК-120. Она освещает цифры вращающегося лимба, показывающие, на каком градусе балансируемой детали находится дисбаланс. Уровень сигнала, поступающего из датчика через усилитель на миллиамперметр, характеризует величину дисбаланса в г·см.

При включении электродвигателя через заданное время растормаживаются (распираются) опоры люлек. Для уменьшения времени вращения ротора электродвигателя при остановке балансируемого вала применена схема динамического торможения.

Динамическая балансировочная машина БМ-У4 позволяет в течение 10—15 с после пуска определить с высокой степенью точности величину и место положения дисбаланса коленчатого вала.

Ранее считалось достаточным для обеспечения нормальной работы двигателя производить динамическую балансировку коленчатого вала отдельно и в сборе сначала с маховиком, а затем и со сцеплением. При этом детали шатунно-поршневой группы должны были быть примерно одинаковой массы в одном комплекте.

Однако с увеличением частоты вращения коленчатых валов и созданием V-образных восьмицилиндровых двигателей оказалось невозможным обеспечивать описанными методами выполнение повышенных требований к балансировке двигателей.

Накопленная ошибка в массах отдельных деталей, а также производственные отклонения их размеров при ремонте или изготовлении приводят к увеличению дисбаланса двигателя.

Поэтому возникает необходимость балансировки двигателя в сборе. Для этого создан стенд МА-9731. Он оборудован сверлильными головками, которые используют для исправления неуравновешенности высверливанием отверстий в маховике и шкиве коленчатого вала.

КОНТРОЛЬ

Ответственным завершающим этапом технологического процесса ремонта коленчатых валов является проверка соответствия деталей техническим условиям.

Использование прогрессивных методов технического контроля наряду с оснащением ремонтных мастерских и заводов современным специальным и универсальным оборудованием, приспособлениями, приборами, средствами контроля и технической документацией обеспечивают условия для повышения качества ремонта деталей и увеличения ресурса работы отремонтированной техники.

Хотя коленчатые валы неоднократно проверяют в процессе их ремонта после всех ответственных операций, однако окончательный контроль деталей перед выходом с ремонтного предприятия является обязательным.

Окончательный контроль начинают с наружного осмотра коленчатых валов. При этом валы должны быть сухими и чистыми. На них не должны быть заусенцы, забоины и острые кромки. Отверстия, высверленные при балансировке, должны быть полностью очищены от заусенцев, стружки и грязи, масляные каналы следует очистить от остатков изоляции и притупить кромки вокруг сверлений. На переднем конце, на наружном торце, в отверстии заднего конца коленчатого вала должны быть фаски.

Основные геометрические параметры, подлежащие окончательному контролю, следующие:

1) размеры и шероховатость поверхностей коренных и шатунных шеек и прилегающих к ним галтелей;

2) некруглость и конусность коренных и шатунных шеек;

3) размеры и шероховатость поверхностей других шеек и рабочих поверхностей коленчатого вала;

4) радиусы и угловое расположение кривошипов;

5) биение средних коренных шеек, наружной поверх-

ности и торца фланца, а также поверхности отверстия под подшипник относительно поверхности крайних коренных шеек;

6) непараллельность коренных и шатунных шеек;

7) длина всех коренных и шатунных шеек;

8) толщина фланца;

9) торцовое биение фланца;

10) резьба под храповик;

11) твердость поверхностного слоя металла коренных и шатунных шеек.

Большое разнообразие в типах и размерах поступающих в ремонт коленчатых валов приводит к необходимости создания на ремонтных предприятиях универсальных легкопереналаживаемых приспособлений и устройств для контроля качества деталей.

В связи с этим авторами предложено универсальное устройство для контроля отремонтированных коленчатых валов.

Устройство состоит из основания *1* (рис. 32), неподвижной стойки *2* с роликовой призмой *3*, полки *4* для размещения измерительных приспособлений и инструмента, подвижной стойки *7* с роликовой призмой *6*, цилиндрической балки *8* и механизма перемещения подвижной стойки с маховичком *9*.

Устройство работает так. Контролируемый коленчатый вал *5* устанавливают крайними шейками на призмы *3* и *6*. Благодаря вращению в призмах на осях роликов коленчатый вал может легко поворачиваться для осмотра и контроля различных поверхностей. Кроме того, конструкция роликовых призм позволяет устанавливать коленчатые валы с шейками различных размеров. Для установки коленчатых валов различной длины перемещают призму *6* подвижной стойки. Переменное положение ее относительно неподвижной стойки обеспечивается перемещением подвижной стойки по цилиндрической балке. Подвижная стойка соединена с цилиндрической балкой при помощи широкой втулки (подшипника), размещенной в приливе стойки, и удерживается от поворота относительно оси балки длинной шпонкой, расположенной на боковой поверхности балки. Подвижная стойка перемещается по балке вращением маховичка, с которым соединен расположенный внутри балки винт механизма перемещения. При вращении винта гайка механизма перемещается и приводит в движение

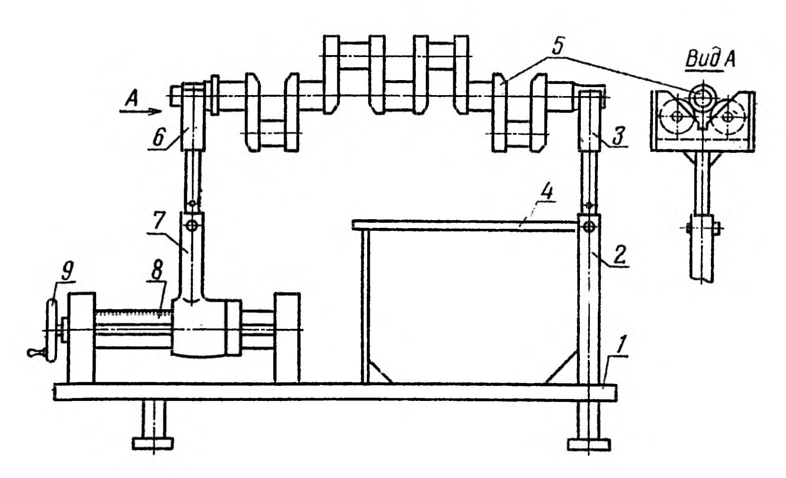


Рис. 32. Универсально-переналаживаемое устройство для контроля отремонтированных коленчатых валов:

1 — основание; *2* — неподвижная стойка; *3* — роликовая призма неподвижной стойки; *4* — полка для измерительных приспособлений и инструмента; *5* — контролируемый коленчатый вал; *6* — роликовая призма подвижной стойки; *7* — подвижная стойка; *8* — цилиндрическая балка; *9* — маховичок винта механизма перемещения.

кронштейн, который через продольный паз в балке соединен с подвижной стойкой.

Для быстрого определения положения подвижной стойки на балке нанесены деления, а для фиксации положения предусмотрено стопорное устройство — винт с маховичком и прижимным башмаком. Балка располагается в кронштейнах, установленных на основании устройства. Ее длина позволяет устанавливать подвижную стойку на различном расстоянии от неподвижной стойки в зависимости от длины контролируемых коленчатых валов.

Предусмотрена регулировка положения призм по высоте. Для этого перемещают цилиндрические хвостовики призм *3* и *6* в отверстиях стоек *2* и *7*. Положение призм по высоте фиксируют чеками, вставляемыми в поперечные отверстия стоек и хвостовиков призм. Эти же чеки не позволяют призмам поворачиваться вокруг осей хвостовиков и обеспечивают ориентированное положение призм относительно продольной оси контролируемого коленчатого вала.

Размеры отремонтированного коленчатого вала проверяют в соответствии с техническими условиями при

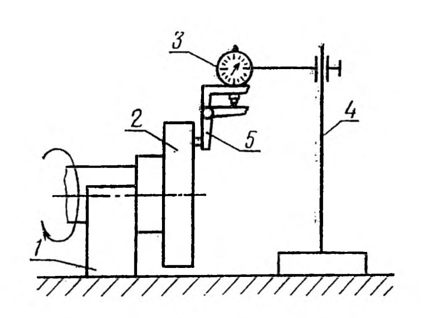


Рис. 33. Схема проверки биения торца фланца коленчатого вала:

1 — призма; *2* — фланец коленчатого вала; *3* — индикатор; *4* — универсальный штатив; *5* — угловой рычаг.

помощи предельных калибров, контрольных приспособлений и других измерительных средств.

Наиболее распространенными микрометрическими измерительными средствами для наружных измерений являются микрометры.

Для контроля точности формы и взаимного положения поверхностей используют различные механические и пружинные измерительные приборы.

К механическим приборам относятся миниметры и индикаторы. Чаще всего в ремонтном производстве применяют индикатор нормального типа (типы I и II) с зубчатым передающим механизмом (ГОСТ 577—60).

При помощи индикаторов и приспособлений к ним можно измерять как размеры деталей, так и геометрическую форму поверхностей и их взаимное расположение, а также биение поверхностей, непараллельность осей шеек коленчатого вала и т. д.

При измерении рычажными скобами — пассаметрами пользуются относительным методом измерения. Скобу настраивают по концевым мерам (плиткам) на нормальный размер, например шейки вала, а при замере по шкале скобы фиксируют отклонение фактического размера от нормального. Скобы регламентированы ГОСТ 4731—53, цена деления шкалы 0,002 и 0,005 мм. По пределам измерения они близки к микрометрам.

Пределы показаний шкалы: ±0,08 и ±0,15 мм; измерительное усилие 10±2—11±2 Н (1000±200—1100±±200 гс).

На рисунке 33 показана схема проверки биения торца фланца *2* при вращении установленного на призмах *1* коленчатого вала.

При контроле размеров и отклонений от них используют также пневматические, оптико-механические и другие точные измерительные средства.

В качестве примера можно привести приспособление типа пневматического микрометра, при помощи которого проверяют прямолинейность образующих шеек коленчатого вала с точностью до 0,01 мм. Корпус приспособления устанавливают на шейку ножевидными опорами *1* и *2* (рис. 34). Положение вдоль оси шейки определяется упором *3*. Между опорами расположены пять измерительных подвижных стержней *4* с ножевидными концами, контактирующими с шейками контролируемого вала. При перемещении стержней изменяются зазоры между их торцами и соплами, через которые выходит сжатый воздух, подводимый через шланг. Колебания в зазорах регистрируют на шкалах пневматического микрометра.

В специализированных ремонтных предприятиях целесообразно использовать приспособления для комплексной проверки размеров и взаимного расположения поверхностей деталей.

Для контроля шероховатости поверхностей ремонтируемых коленчатых валов используют эталоны шероховатости, а для более точной оценки шероховатости — профилометры ПЧ-2 и ПЧ-3.

Пределы использования эталонов — с 4-го по 10-й классы шероховатости.

При помощи профилометров можно более точно определить шероховатость поверхностей коленчатых валов.

Технические характеристики профилометров

	ПЧ-2	ПЧ-3
Наименьший диаметр контролируемого вала, мм . .	6	12
Наименьший диаметр контролируемого отверстия, мм .	30	60
Напряжение питающей сети, В	220	127—220
Потребляемая мощность, Вт	20—25	25—30
Постоянное измерительное усилие, Н/мкм (гс/мкм)	0,0005(0,05)	0,0025(0,25)
Допустимая погрешность показаний при измерении исходных образцов, %	±25	±25

Твердость шеек коленчатого вала контролируют твердомерами ТШ (типа Бринеля) и ТК-2 (типа Роквелла).

Коленчатые валы, признанные в результате контроля негодными, бракуют и возвращают на доработку. В случае выявления брака делают соответствующую запись в журнале регистрации брака. Кроме того, для учета брака, выявленного в процессе эксплуатации отремонтированных коленчатых валов, на ремонтных предприятиях системы «Сельхозтехника» ведутся журналы рекламаций по качеству ремонта.

В крупных специализированных ремонтных предприятиях системы «Сельхозтехника» целесообразно использовать в качестве основного документа при обнаружении дефектов деталей — извещение о браке. При этом контрольный мастер или контролер выписывает извещение о браке в трех экземплярах, один из которых направляет в службу технического контроля, другой

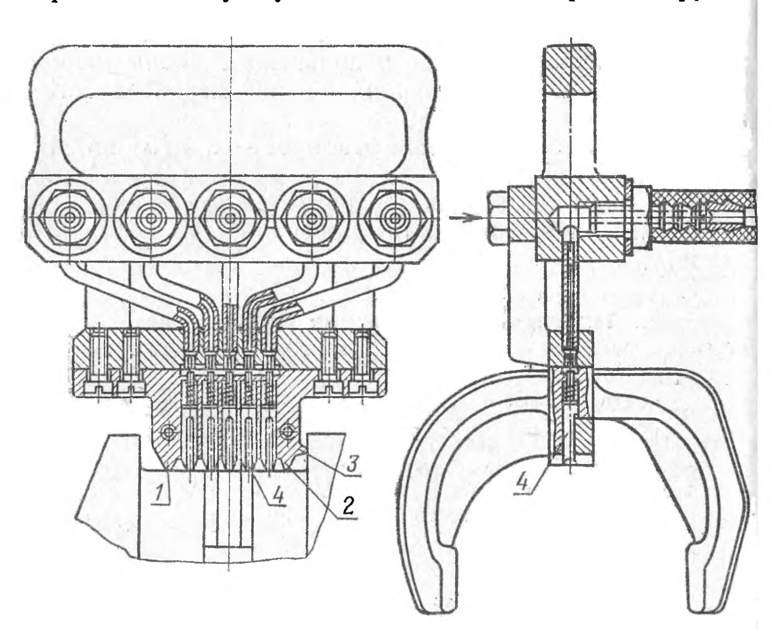


Рис. 34. Приспособление для контроля прямолинейности образующих шеек коленчатого вала:

1 и *2* — ножевидные опоры; *3* — упор; *4* — подвижный стержень с ножевидным концом.

после подписи производственным мастером и виновником брака — в бухгалтерию для калькуляции и удержания за брак и третий — руководителю производственной службы (отдела) для принятия мер по устранению (недопущению) подобных случаев и создания условий для предотвращения брака на производстве.

КОМПЛЕКТОВКА, КОНСЕРВАЦИЯ И УПАКОВКА

После контроля годные коленчатые валы клеймят на торце первой щеки клеймом службы технического контроля. Рекомендуется указывать также год и месяц восстановления коленчатого вала.

В ремонтных мастерских годные коленчатые валы направляют на участок сборки двигателей, а на ремонтных заводах и в специализированных цехах их направляют на сборку или комплектуют, консервируют и упаковывают для отправки заказчикам. На специализированных заводах по централизованному ремонту и восставновлению деталей коленчатые валы в упакованном виде отправляют обычно в хозяйства и мастерские.

На каждый вал, принятый службой технического контроля, составляется паспорт, в который записывают:

1) наименование ремонтного предприятия;
2) год и месяц восстановления;
3) размеры коренных и шатунных шеек;
4) гарантийный ресурс эксплуатации.

Перед консервацией валы окончательно моют, используя для этого моечные машины и моющие растворы.

Моющие растворы нагревают обычно до 80—90° С. Для окончательной мойки требуется примерно в 2 раза меньше времени, чем для первоначальной.

По окончании мойки масляные каналы продувают сжатым воздухом, а коленчатый вал просушивают до полного исчезновения следов влаги.

Рабочие поверхности коленчатого вала консервируют, погружая вал в ванну с жидкой смазкой, нагретой до 70° С.

В качестве смазки используют: консервационную смазку К-17 (ГОСТ 10877—64), технический вазелин УН (ГОСТ 782—59) или смазку ЦИАТИМ-215 (ГОСТ 8893—58).

Вынув коленчатый вал из ванны, все шейки (или полностью вал) обвертывают водонепроницаемой (парафинированной) бумагой. В таком виде вал укладывают в деревянный ящик, выстланный внутри парафинированной бумагой. Антикоррозионное покрытие и упаковка должны предохранять валы от коррозии и повреждений при транспортировке и хранении в течение 6 месяцев со дня отгрузки с ремонтного предприятия при хранении их в сухом закрытом помещении и при сохранности упаковки.

При централизованном ремонте на специализированном предприятии в ящик укладывают комплект вкладышей, паспорт и упаковочный лист со штампом ОТК. Крышку ящика забивают гвоздями через стальную упаковочную ленту.

На ящике черной краской через трафарет пишут: 1) наименование ремонтного предприятия, 2) номер деталей по каталогу, 3) количество деталей в ящике, 4) марку двигателя, 5) дату упаковки.

Глава 7

ПЕРСПЕКТИВЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Надежность и долговечность ремонтируемых деталей машин повышают различными методами. Основными из них являются: применение новых высокопрочных и износостойких материалов для восстановления поверхностей деталей, упрочнение деталей при помощи специальных технологических процессов упрочняющей обработки и создание регулируемых микрорельефов на рабочих поверхностях деталей.

Физико-механические свойства наплавленного металла можно улучшить металлургическими и технологическими методами.

Качество наплавленного металла металлургическими методами улучшают непосредственно в процессе наплавки при помощи: 1) надежной защиты сварочной ванны и расплавляемого электродного материала от

вредного влияния среды, 2) удаления вредных примесей из расплавленного металла и его легирования.

Наплавленный металл защищают инертными или активными газами, а при наплавке под слоем флюса — жидким шлаком, который способствует удалению вредных примесей из наплавленного металла и частичному легированию металла.

Для улучшения качества и свойств наплавляемого металла используют электродную проволоку, легированную марганцем (М), никелем (Н), кремнием (С), хромом (Х), ванадием (Ф), вольфрамом (В). Легирование металла в процессе наплавки осуществляется электродами из легированных сталей (15Г2С, 18ГСА, 30ХГСА, 50ХФА), электродами из порошковой проволоки (типа ПП-3Х2В8, ПП-Х12ВФ) и легирующим флюсом при наплавке поверхностей под слоем флюса (буква обозначает легирующий элемент, а цифра за буквой — содержание этого элемента в процентах).

Легирование наплавленного металла — эффективное средство его упрочнения с целью повышения ресурса эксплуатации деталей. Например, вибродуговая наплавка деталей легированными сталями 50ХФА, 9ХС и ХВГ увеличивает их износостойкость по сравнению с наплавкой углеродистой сталью в 1,8—2 раза. Особенно значительно увеличивается износостойкость при наплавке высоколегированными сталями и сплавами 4Х13, Г13, 7Х15ГС, 3Х2В8, У15Х17Н2.

Однако вследствие склонности легированных сталей и сплавов к образованию трещин при наплавке усталостная прочность некоторых восстанавливаемых деталей может снижаться.

Так, при наплавке коленчатых валов автотракторных двигателей с легированием наплавленного слоя металла усталостная прочность может соответствовать 30% прочности новых коленчатых валов.

С этой точки зрения интересными свойствами обладают дисперсионно-твердеющие сплавы. Они выполнены на железной основе и содержат незначительное количество углерода, 15—30% кобальта и 10—20% молибдена или вольфрама; после наплавки обладают твердостью НВ 300—400 и практически не имеют склонности к образованию трещин. После отпуска при 550—600° С они приобретают высокую твердость (до HRC 70) и повышенную износостойкость.

Перспективной является наплавка самоупрочняющимися в процессе работы деталей сплавами. Например, сталь 30Х10Г10 упрочняется при пластическом деформировании поверхностного слоя под действием рабочих напряжений. Вследствие этого в несколько раз может быть повышена износостойкость деталей, восстановленных наплавкой.

Однако при современном уровне развития техники применением рассмотренных металлургических методов улучшения качества наплавленного слоя металла пока нельзя повысить прочность и износостойкость деталей, восстанавливаемых наплавкой.

Для повышения их усталостной прочности и износостойкости можно упрочнять наплавленный металл с помощью технологических методов, например методом горячего упрочнения с применением термической или химико-термической обработки, методом холодного упрочнения наклепом, т. е. методом поверхностного пластического деформирования (обработка давлением), которые благодаря созданию упрочненного поверхностного слоя металла и оптимальных микрорельефов рабочих поверхностей обеспечивают достаточную прочность, высокую износостойкость и работоспособность деталей.

Применение алмазно-абразивной и других новых процессов обработки также повышает производительность труда и надежность работы коленчатых валов в период эксплуатации.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ НАПЛАВОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ

Одним из средств повышения производительности наплавки является наплавка ленточным электродом. При этом способе можно наращивать качественный слой металла шириной до 100 мм и толщиной от 2 до 8 мм за один проход при глубине проплавления менее 1 мм.

Следует иметь в виду, что восстанавливать детали небольшого диаметра (50—70 мм) наплавкой обычным ленточным электродом толщиной 0,4—0,5 мм трудно. Для восстановления таких деталей используют наплавку тонкой стальной электродной лентой толщиной 0,1—0,3 мм.

Для этого разработана новая конструкция приставки к автомату АДС-1000-2.

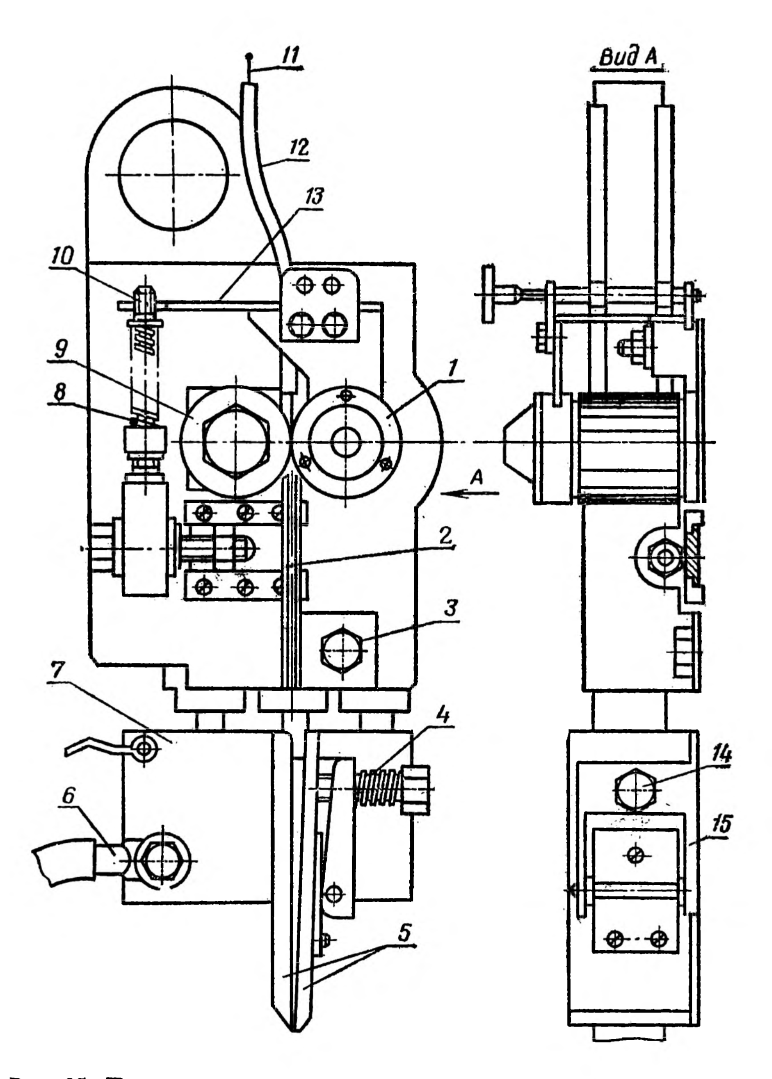


Рис. 35. Приставка для наплавки стальным ленточным электродом:

1 и *9* — подающие ролики; *2* — направляющие планки; *3* — болт; *4* — пружина; *5* — медные губки; *6* — соединительная клемма; *7* — токопровод; *8* — прижимная пружина; *10* — регулировочный винт; *11* — электродная лента; *12* — направляющие; *13* — качающийся кронштейн; *14* — стяжной болт; *15* — поворотная планка.

Приставка состоит из двух подающих ленту роликов *1* и *9* (рис. 35), направляющих планок *2*, токопровода *7* с контактирующими медными губками *5* и направляющих *12* для центрирования электродной ленты *11*. Узлы приставки крепят к головке автомата шпильками. Подающие ленту ролики устанавливают на валы вместо роликов для подачи проволоки. Ролик *1* укреплен на качающемся двойном кронштейне *13* и прижимается к ролику *9* пружиной *8* и винтом *10*. Одна направляющая планка *2* прикреплена к корпусу головки болтом *3*, другая может перемещаться горизонтально, что позволяет изменять зазор для прохода ленты различной толщины. Надежность контакта электродной ленты с токопроводом получают, сжимая пружину *4* болтом *14* и поворотной планкой *15*. К медным губкам токопровода присоединена клемма *6* токоподводящего кабеля. Вылет электродной ленты регулируют вращением маховика.

Перестройка обычной головки для наплавки лентой занимает 15—20 мин. Масса приставки 4,7 кг. Для применения ленты различной ширины изготовлены приставки двух видов: одна для наплавки лентой шириной 30—50 мм, другая шириной 30—110 мм. Для наплавки лентой толщиной 0,1—0,2—0,3 мм приставка укомплектована профилирующими роликами, которые гофрируют ленту для придания ей большей жесткости.

Использование лент малой толщины (0,1—0,3 мм) повышает качество и производительность наплавки валов. Ждановским металлургическим институтом разработано устройство, позволяющее удерживать ванну расплавленного металла и шлака на поверхности наплавляемого вала, а также предотвращающее осыпание флюса.

Флюсодозирующее устройство состоит из расходного бункера *1* (рис. 36), направляющего колодца *2*, качающегося совка *3*, рычажной планки *4* и направляющего лотка *5*. Количество флюса дозируют, подавая его в лоток при помощи совка из основного бункера через колодец. Качающийся совок приводится в колебательное движение рычажной планкой, которую перемещают набегающие зубья храпового колеса *12*, насаженного на одну ось с подающим ленту роликом *13*. Количество флюса регу-

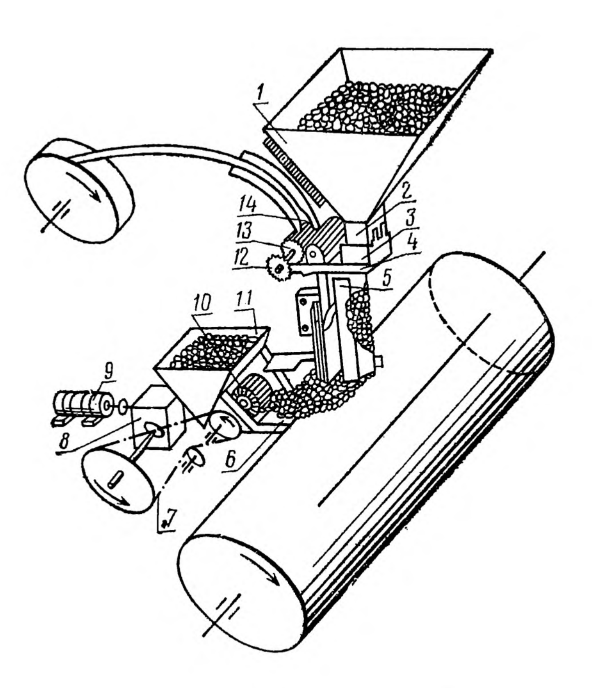


Рис. 36. Схема флюсодозирующего и шлакоудерживающего устройства установки для наплавки валов ленточным электродом:

1 — расходный бункер; *2* — направляющий колодец; *3* — качающийся совок; *4* — рычажная планка; *5* — направляющий лоток; *6* — направляющие дополнительного бункера; *7* — цепная передача; *8* — редуктор; *9* — электродвигатель; *10* — крыльчатка; *11* — дополнительный бункер; *12* — храповое колесо; *13* — подающий ролик; *14* — пружина.

лируется автоматически в зависимости от скорости подачи ленты. Кроме того, доза подаваемого флюса изменяется различным натяжением пружины *14*.

Шлакоудерживающее устройство состоит из дополнительного бункера *11* с крыльчаткой *10* и направляющими *6* для подачи флюса. В нижней части направляющих имеется металлическая щетка, предотвращающая осыпание флюса.

Подпор флюса создается подачей его в зону дуги из дополнительного бункера крыльчаткой, которая получает вращение от электродвигателя *9* при помощи цепной передачи *7* и редуктора *8*. Усилие для подпора флюса обеспечивается изменением частоты вращения крыльчатки, что достигается регулировкой частоты вращения электродвигателя при помощи потенциометра,

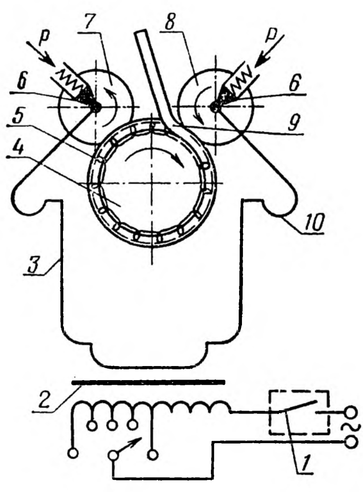


Рис. 37. Схема установки для электроконтактной наплавки:

1 — прерыватель тока наплавки; *2* — трансформатор; *3* — вторичный контур; *4* — деталь; *5* — наплавленный металл; *6* — механизм нагружения; *7* — контактный ролик; *8* — наплавляющий ролик; *9* — присадочная проволока; *10* — гибкий элемент; *P*—нагрузка на ролик.

устанавливаемого на пульте управления станка.

К новым способам восстановления деталей наплавкой относится способ восстановления деталей электроконтактной наплавкой.

Для подвода тока в зону наплавки служат ролики *7* и *8* (рис. 37). Они также создают необходимое контактное давление между восстанавливаемой деталью *4* и присадочной проволокой *9*, в результате чего наплавляемый металл *5* деформируется. Нагрузку на ролики регулируют механизмами *6*. Для наплавки валов различных диаметров в конструкции вторичного контура *3* понижающего трансформатора *2* предусмотрены гибкие элементы *10*. Процесс электроконтактной наплавки протекает при большой величине тока (5000—20 000 А) и сравнительно низком напряжении (1—7 В). Поэтому питающий трансформатор должен быть достаточно мощным. Прерыватель *1* тока наплавки создает необходимую длительность импульсов тока и пауз между ними. В качестве базы для электроконтактной наплавки валов можно использовать переоборудованные токарные станки. Наплавляющий и контактный ролики установки и механизмы их нагружения располагают на суппорте модернизированного станка.

Конструктивно оба ролика ничем не отличаются от сварочных роликов контактных машин. Если необходимо, ролики можно изготовить из сплава МЦ-55. Наплавляющий ролик делают комбинированным и изготовляют из хромистой бронзы с вольфрамовым бандажом.

В качестве механизмов нагружения используют маломощные гидроцилиндры с усилием до 1500 Н

(150 кгс), диафрагменные пневмокамеры и другие устройства.

Механизм нагружения наплавляющего ролика перед включением каждого импульса тока должен обеспечивать в контакте проволока—деталь необходимую величину давления и его постоянство во время протекания процесса наплавки. На время паузы нагрузка на ролик должна уменьшаться до величины, достаточной для фрикционной связи ролика и наплавленного валика.

В качестве источника тока пригоден трансформатор любой мощности. При необходимости можно переделать для этого трансформатор электродуговой сварки. В этом случае первичную обмотку делают секционной, а вторичную заменяют одним витком медной шины.

Для установки используют стандартный прерыватель тока ПИШ-50 (прерыватель игнитронный шовный).

Для электроконтактной наплавки валов можно применять установку УКН-5 с комбинированным механизмом нагружения наплавляющего ролика, которую монтируют на токарном станке.

Для восстановления валов с износом до 0,3 мм Башкирский сельскохозяйственный институт рекомендует использовать электроконтактную наплавку проволокой ПК-2 при режиме: ток 6000—10 000 А, усилие прижима электрода 1000—1250 Н (100—125 кгс), длительность импульса тока 0,04 с, длительность паузы 0,08—0,12 с, окружная скорость 10—15 мм/с. Бóльшие значения показателей рекомендуются для валов диаметром более 50 мм, меньшие — для валов диаметром менее 50 мм. При помощи электроконтактной наплавки можно восстанавливать валы диаметром до 180 мм и наращивать слой металла от 0,1 до 1,5 мм.

Отличительными особенностями электроконтактной наплавки являются: хорошие санитарно-производственные условия работы; высокая производительность наплавки, достигающая 60—100 см^2/мин; небольшие потери наплавочного материала; минимальное термическое влияние на деталь (зона термического влияния не превышает 0,3 мм); практическое сохранение усталостной прочности восстановленных деталей благодаря положительному влиянию пластической деформации наплавляемого металла в нагретом состоянии и малому перепаду температур детали и в зоне сварки.

Таблица 27. **Сравнительные данные основных технико-экономических показателей различных видов вибродуговой наплавки**

Показатели	Питание от сварочных трансформаторов (переменный ток)	Питание от выпрямителей (выпрямленный ток)	Питание от генераторов (постоянный ток)
Средний к. п. д. источника питания	0,83—0,85	0,65—0,70	0,50—0,64
Относительная стоимость источника питания, %	17—25	34—50	100
Относительная масса источника питания, %	30—35	55—60	100
Относительная площадь, занимаемая источником питания, %	15—20	25—30	100
Расход электроэнергии на единицу наплавленного металла, кВт·ч/кг	2,1—2,5	2,5—3,0	4,1—4,4

Опыт использования наплавочных процессов в ремонтном деле показывает, что хорошей перспективой развития обладает вибродуговая наплавка. Этот метод прост, не требует дефицитных материалов, позволяет наплавлять на валах слой металла от 0,5 до 4 мм. При этом методе деталь не испытывает ощутимых деформаций, а твердость наплавленного слоя может достигать HRC 50—58.

Благодаря вибрации электрода, низкому напряжению источника тока и небольшой мощности в сварочной цепи достигают высокой экономичности процесса наплавки. Кроме того, можно вести наплавку в любых средах, в том числе и под слоем флюса, двухэлектродную наплавку и наплавку с использованием ультразвука.

В последнее время все чаще начинают применять наплавку с использованием переменного тока. Вибродуговая наплавка на переменном токе обладает преимуществами перед наплавкой на выпрямленном и постоянном токе (табл. 27).

Источник питания переменного тока дешевле и надежнее относительно других источников тока, расход электроэнергии на единицу массы наплавленного металла на переменном токе также меньше, чем при наплавке на постоянном токе.

При выборе режимов наплавки необходимо учитывать следующие особенности: на переменном токе наплавку ведут при повышенном напряжении — 22—24 В; процесс наплавки устойчиво протекает при скорости подачи электродной проволоки — 1,5—1,8 м/мин; шаг наплавки — (1,6—2,0) $\cdot d_{эл}$, мм/об ($d_{эл}$ — диаметр электрода).

В ГОСНИТИ (Сибирский филиал) осуществлена вибродуговая наплавка валов порошковой проволокой с сердечником (для защиты расплавленной ванны) при помощи специальной головки ОКС-6569. Хорошие результаты как по качеству наплавляемого слоя, так и по эксплуатационным характеристикам деталей получены при наплавке шеек валов порошковой проволокой ПП-АН106 и ПП 25Х5 ФМС-О.

При электровибродуговой наплавке изношенных поверхностей валов порошковой проволокой не требуется применение газов и флюсов. Расплавленный металл изолирован от воздуха газом и шлаком, образующимися при плавлении сердечника порошковой проволоки — электрода.

Качество наплавляемого металла улучшается благодаря легирующим элементам сердечника. Твердость слоя, наплавленного порошковой проволокой ПП-АН106 или ПП-25Х5 ФМС-О достигает HRC 40—46, а проволокой ПП-3Х5Г2М-О—HRC50.

Применение ультразвуковых колебаний при вибродуговой наплавке позволяет уменьшить содержание растворимых в металле газов, что приводит к повышению качества наплавленного слоя.

Наибольший эффект наложения ультразвука получают при двухэлектродной наплавке, когда ванна по сравнению с одноэлектродной наплавкой больше и существует более длительное время.

На рисунке 38 показана схема возбуждения ультразвуковых колебаний в сварочной ванне при помощи дополнительного электрода.

Ультразвуковые колебания возбуждаются следующим образом. Ламповый генератор вырабатывает ток с частотой 20 кГц. Этот ток подводится к магнитострикционному преобразователю *3*. При прохождении тока по обмотке головки преобразователя, которая собрана из железоникелевых пластин, под действием магнитного поля возникает вибрация пластин с частотой питающего

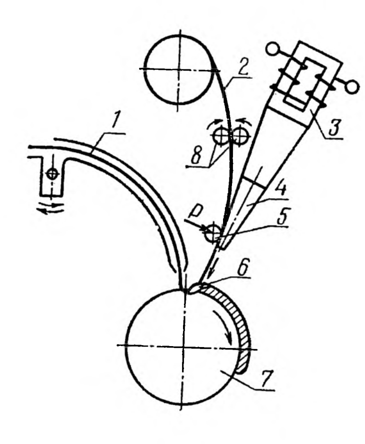


Рис. 38. Схема возбуждения ультразвуковых колебаний в сварочной ванне при помощи дополнительного электрода:

1 — основной электрод; 2 — дополнительный электрод; 3 — магнитострикционный преобразователь; 4 — насадок; 5 — прижимной ролик; 6 — сварочная ванна; 7 — наплавляемая деталь; 8 — подающие ролики; P — нагрузка на ролик.

тока. Полученные ультразвуковые колебания через насадок 4 передаются наплавляемому на деталь 7 металлу.

Рекомендуемый режим двухэлектродной наплавки с применением ультразвука: диаметр основного электрода 1,8 мм; расстояние между электродами 4 мм; скорость подачи проволоки 1,5 м/мин; шаг наплавки 8,3 мм/об; амплитуда колебаний электрода 2 мм; напряжение дуги 20 В. Диаметр дополнительной проволоки 1,2 мм, скорость ее подачи 0,35—0,55 м/мин; частота колебаний 20 кГц; амплитуда колебаний 10—25 мкм.

Из новых процессов наибольшего внимания заслуживает метод наплавки плазменной дугой. Он характеризуется высокой температурой факела (8000—15 000° С) и более широким диапазоном регулирования тепла, вводимого как в присадочный металл, так и в изделие.

Для получения плазменной дуги служат плазменные горелки УМП-5-68, УМП-4-64 и др. В зависимости от схемы подключения к источникам питания плазменные горелки подразделяются на три типа: 1) с зависимой (прямой) дугой, 2) с независимой (косвенной) дугой, 3) со смешанным подключением. В горелке первого типа дуга горит между вольфрамовым электродом (катодом) и деталью (анодом). Плазменную наплавку с использованием порошка можно вести по слою крупки, по слою легирующей пасты, с подачей порошка в сварочную ванну и с вдуванием порошка в плазменную дугу.

ЭЛЕКТРОТЕРМОМЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ УПРОЧНЕНИЯ

К новым методам поверхностного упрочнения относится метод электромеханической обработки (ЭМО), разработанный Б. М. Аскинази. При этом методе умень-

шается шероховатость поверхности, повышается средняя микротвердость от 5600 до 7300 МПа (от 560 до 730 кгс/мм²), повышается износостойкость и образуется более равномерный по структуре поверхностный слой металла.

При электромеханическом упрочнении металла, наплавленного под слоем флюса, твердость может повышаться более чем в 2 раза и соответственно увеличивается износостойкость.

Повышается в результате электромеханического упрочнения и усталостная прочность. Так, при наплавке в углекислом газе и потоке воздуха предел выносливости после электромеханического упрочнения повышается от 160 до 280 МН/м² и от 140 до 250 МН/м² (от 16 до 28 кгс/мм² и от 14 до 26 кгс/мм²) соответственно, а при наплавке под флюсом от 240 до 330 МН/м² (от 24 до 33 кгс/мм²).

Схема такого метода показана на рисунке 39.

На токарном станке устанавливают вал *1*. К нему через патрон (планшайбу) станка подводится ток от трансформатора *3*. На суппорт станка устанавливают державку с твердосплавной пластиной *2*, которая также присоединена к трансформатору. При пропускании электрического тока 300—800 А и напряжением 1—5 В в зоне малого по величине контакта выделяется тепло, нагревающее участок контакта до 800—900° С. При воздействии усилия прижима пластины к поверхности вала неровности сглаживаются и поверхность упрочняется.

Глубина слоя высокой твердости составляет 0,1—0,15 мм. Этот упрочненный слой и повышает износостойкость и усталостную прочность деталей.

В качестве источников тока применяют понижающие трансформаторы с выходными параметрами: ток 200—1200 А, напряжение 2—6 В.

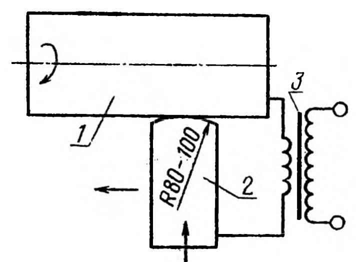


Рис. 39. Схема электромеханического метода упрочнения металла:

1 — вал; *2* — твердосплавная пластина; *3* — трансформатор.

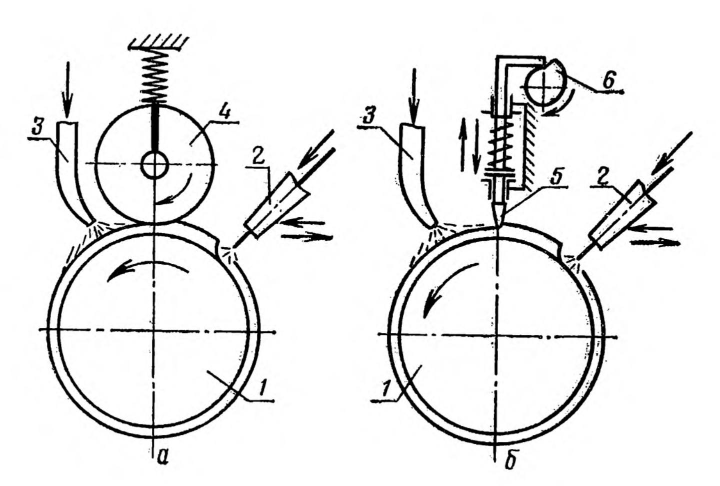


Рис. 40. Термомеханическое упрочнение наплавляемого металла при наплавке:

а — деформирование роликом; *б* — деформирование бойком; *1* — наплавляемая деталь; *2* — мундштук наплавочной головки; *3* — трубка для охлаждающей жидкости; *4* — деформирующий ролик; *5* — боек ударного механизма; *6* — кулачок для подъема бойка.

В качестве инструмента при электромеханической обработке используют пластины или ролики из твердого сплава (Т15К6, Т7К12). Державки для инструмента выполняют подобно приспособлениям для упрочняющей и чистовой обработки поверхностным пластическим деформированием.

Для проведения упрочняющей термомеханической обработки в процессе наплавки наиболее приемлемой оказывается автоматическая вибродуговая наплавка в жидкости.

Сущность такого термомеханического метода упрочнения заключается в том, что наплавленный слой детали *1* (рис. 40) упрочняют в нагретом состоянии обкаткой роликом (рис. 40, *а*) или динамическим нанесением ударов бойком (рис. 40, *б*) с последующей закалкой непосредственно при наплавке. Применение термомеханического упрочнения непосредственно в процессе наплавки экономически оправдано, так как позволяет использовать нагрев металла теплом сварочной дуги для пластического и термического упрочнения. При этом металл наплавляют серийными наплавочными головками без какой бы то ни было переделки.

Для получения наибольшего эффекта термомеханической обработки применяют следующий режим.

1. Расстояние между деформирующим роликом и сварочной ванной выбирают наименьшим, ролики изготовляют диаметром 30—35 мм, шириной 10 мм из инструментальной стали Р6Ф5 твердостью HRC 60 или из твердого сплава Т15К6.

2. Расстояние между сварочной ванной и местом подвода охлаждающей жидкости (по образующей детали) принимают равным 10 мм.

3. Расход охлаждающей жидкости 1,5 л/мин.

4. Усилие обкатывания должно быть в пределах 2000—3000 Н (200—300 кгс).

При динамическом упрочнении боек изготовляют из высококачественной стали твердостью НВ 650. Кулачок эксцентрика должен иметь частоту вращения 650—1430 об/мин, энергия удара 5 Н·м (0,5 кгс·м), усилие пружины 1000—2500 Н (100—250 кгс). Расстояние от ванны до бойка должно быть в пределах 5—8 мм.

ОТДЕЛОЧНАЯ ОБРАБОТКА ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

К прогрессивным процессам чистовой обработки деталей в процессе ремонта или после восстановления, основанных на пластической деформации поверхностного слоя металлов, относят алмазное выглаживание и вибрационное обкатывание (вибровыглаживание).

Сущность процесса алмазного выглаживания заключается в пластическом деформировании микронеровностей поверхностей и поверхностного слоя металла деталей инструментом, рабочей частью которого является кристалл естественного или искусственного алмаза массой 0,5—1,0 карата, ограниченный цилиндрической или чаще всего сферической поверхностью с радиусом 0,5—4 мм.

Инструменты из естественного алмаза можно изготавливать путем обработки кристалла наконечников НК для твердомера ТП-2 (Роквелла) под сферу.

Оптимальные условия выглаживания: исходная шероховатость обрабатываемой поверхности должна быть в пределах не ниже 5-го класса для незакаленных сталей и не ниже 7-го класса — для закаленных сталей; в качестве смазочно-охлаждающей жидкости применяют

сульфофрезол, индустриальное масло 20, веретенное масло 3.

Параметры режима алмазного выглаживания выбирают, исходя из следующих укрупненных данных:

для незакаленной стали и чугуна (НВ от 180 до 300) усилие выглаживания $P=50-220$ Н (5—22 кгс); радиус сферы монокристалла алмаза $r_c=2,5-4,0$ мм; подача $s=0,02-0,08$ мм/об; скорость обработки $v=30-$ -100 м/мин.

Для закаленной стали и стали с химикотермической обработкой (HRC 40—65) $P=150-320$ Н (15—32 кгс); $r_c=0,5-2$ мм; $s=0,02-0,06$ мм/об; $v=20-$ -85 м/мин.

Алмазным выглаживанием можно обрабатывать стальные поверхности и износостойкие покрытия, включая покрытие хромом и химическое никелевое покрытие, и достигать шероховатости 10—12-го классов.

Детали, обработанные алмазной обработкой, в отличие от поверхностей, обработанных резанием (доводкой), обладают микрорельефом с пологими «обтекаемой» формы микронеровностями и большими радиусами скругления выступов. Кроме того, все параметры микрорельефа можно регулировать при алмазном выглаживании в широком диапазоне, что позволяет создавать поверхности с повышенной (в 1,5—2,5 раза) износостойкостью.

В последние годы используют новый процесс — виброобкатывание.

В качестве инструмента при этом служат шары шарикоподшипников. При обработке шеек со слоем металла твердостью более HRC 45 необходимо применять шары из твердого сплава ВК-6М или сферические наконечники с кристаллами алмаза.

При виброобкатывании применяют следующий режим: усилие обкатывания (выглаживания) 200—700 Н (20—70 кгс); амплитуда колебаний инструмента 0,5—2 мм; подача 0,2—2 мм/об; частота колебаний в минуту (осцилляций) 1400—6000 1/мин.

Виброобкатывание (вибровыглаживание) выполняют главным образом на токарных станках при помощи виброголовок механического, пневматического и электромагнитного действия.

На рисунке 41 показана виброголовка с механическим приводом. Ее устанавливают на суппорт токарного станка. На сварном корпусе головки установлен электродви-

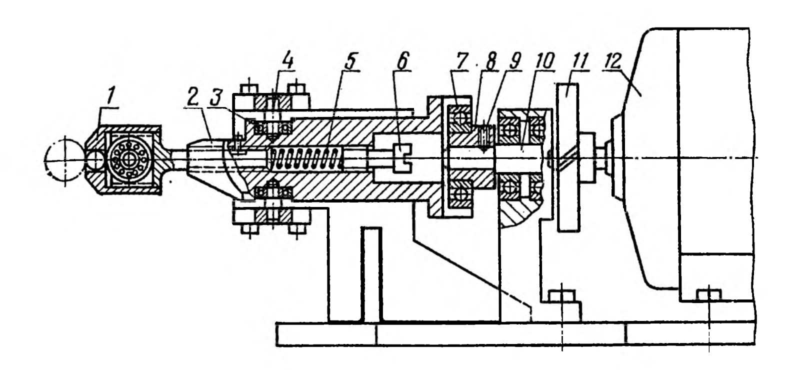


Рис. 41. Виброголовка к токарному станку для обработки наружных цилиндрических поверхностей:

1 — шаровая головка; *2* — шпиндель; *3* — шарикоподшипник; *4* — ось качания; *5* — тарированная пружина; *6* — винт; *7* — подшипник эксцентрика; *8* — эксцентриковая втулка; *9* — фиксирующий винт; *10* — ось эксцентрика; *11* — косозубая шестерня; *12* — электродвигатель.

гатель *12* мощностью 0,4 кВт и частотой вращения 1400 об/мин. От вала двигателя через две косозубые шестерни *11* вращение передается к оси *10* эксцентрика, на конце которой винтом *9* закреплена сменная поводковая эксцентриковая втулка *8* (к станку прилагается набор втулок с эксцентриситетом 0,5; 1,0; 1,5; 1,75; 2,00 мм) с подшипником *7*, входящим в вилку шпинделя *2*. При вращении втулки шпиндель с шаровой головкой *1* получает колебательное движение, поворачиваясь вокруг осей *4*, закрепленных в подшипниках *3* и стойках корпуса головки. Меняя местами шестерни *11* (передаточное число — 3), можно получить частоту колебаний (двойных ходов) шаровой головки 4200, или 467 в минуту. Усилие обкатывания шара регулируют сжатием тарированной пружины *5*, предварительное сжатие которой обеспечивается винтом *6*.

Сменные шаровые головки *1* позволяют использовать шары малого диаметра (от 2 мм) для образования узких канавок при создании износостойких рабочих поверхностей. Вместо шаровой головки в шпиндель можно устанавливать цанговый держатель для закрепления алмазных наконечников с целью вибровыглаживания поверхностей шеек с твердым наплавленным слоем.

Для уменьшения габаритных размеров и массы устройств в последнее время применяют виброголовки конструкции В. А. Горохова с электромагнитным приво-

дом. Они позволяют бесступенчато регулировать амплитуду колебания шара в пределах 0,3—1,1 мм и усилие обработки без снятия со станка и разборки головки, а также повышают производительность обработки благодаря увеличению частоты колебаний (двойных ходов) инструмента до 6000 в минуту.

Применение прогрессивных процессов обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД) позволяет исключать операции отделки и доводки. Исследования, проведенные Ленинградской лесотехнической академией им. С. М. Кирова, показали, что чистовую обработку ППД и, в частности, виброобкатывание целесообразно использовать в качестве отделочной обработки коленчатых валов двигателей. Обработанные ППД поверхности шеек не только сами изнашиваются в 1,5—2 раза меньше, но и обладают меньшей «режущей» способностью, т. е. в несколько раз меньше изнашивают второй элемент пары трения — подшипники, сальники и другие детали двигателей.

ЭЛЕКТРОХИМИКОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБРАБОТКИ

Среди новых перспективных процессов обработки особое место занимают совмещенные электромеханические методы. К ним относятся методы электрохимикоабразивной и электрохимикоалмазной обработки.

Электрохимикомеханическую обработку применяют при шлифовании металлов и твердых сплавов. Она в 2 раза повышает производительность труда по сравнению с обычным шлифованием. Существует два вида электрохимикомеханического шлифования с применением в качестве инструмента: 1) электрода — токопроводящего шлифовального круга и 2) электронейтрального инструмента — токонепроводящего шлифовального круга.

В первом случае пользуются электроабразивными кругами, т. е. кругами с электропроводным наполнителем (связкой) или токопроводящими алмазными шлифовальными кругами.

Корундовые или алмазные зерна, выступающие из токопроводящей связки, образуют щель между связкой круга и обрабатываемой деталью, в которую подают электролит. Создающаяся в результате анодного растворения хрупкая пленка удаляется выступающими зернами круга.

Постояный ток напряжением 8—36 В при плотности до 200 А/см², создавая анодное растворение поверхностного слоя шлифуемой детали, обеспечивает при работе алмазным кругом увеличенный съем металла (до 1000 мм³/мин); при этом достигается точность 2-го и даже 1-го класса, шероховатость поверхности 7—8 классов, а при доводочных режимах (с припуском 0,01—0,05 мм) — 10—12 классов.

К преимуществам данного процесса относятся: возможность шлифования любых металлов независимо от их твердости и вязкости, отсутствие дуговых и искровых разрядов, благодаря чему металл не плавится. При обильном охлаждении электролитами не требуется вентиляция.

К недостаткам процесса можно отнести большую плотность тока, что влечет за собой потребность в использовании мощных источников постоянного тока, а также большой расход электролита.

Электрохимикомеханическое шлифование электронейтральными кругами проводят по схеме, показанной на рисунке 42. Через сопло (катод) *3* электролит подается в межэлектродный зазор к обрабатываемому валу (аноду) *2*.

Нейтральным токонепроводящим абразивным инструментом *1* только удаляют продукты электрохимической реакции с обрабатываемой поверхности.

Шлифуют при удельном давлении круга на деталь в пределах 0,05—0,5 МПа (0,5—5 кгс/см²), при низкой плотности тока 0,5—1,2 А/см² и окружной скорости шлифовального круга 20—30 м/с. При такой обработке обеспечивается точность 2-го класса и шероховатость поверхности 8—9 классов и выше. Процесс применяют для наружного шлифования и доводки брусками. Он не требует применения мощных источников постоянного тока и дорогостоящих кругов на токопроводящей основе.

Электрохимикоалмазное шлифование поверхностей валов из стали 45 целесообразно выполнять алмазными кругами АПП зернистостью АСП-25 на связках МК или МС с концентрацией алмазов 100% и использовать при этом в качестве электролитов слабые безвредные растворы солей следующего состава: 6% $NaNO_3$; 0,3% $NaNO_2$; 0,75% $NaPO_4$, остальное вода. Количество подаваемого электролита не менее 6 л/мин.

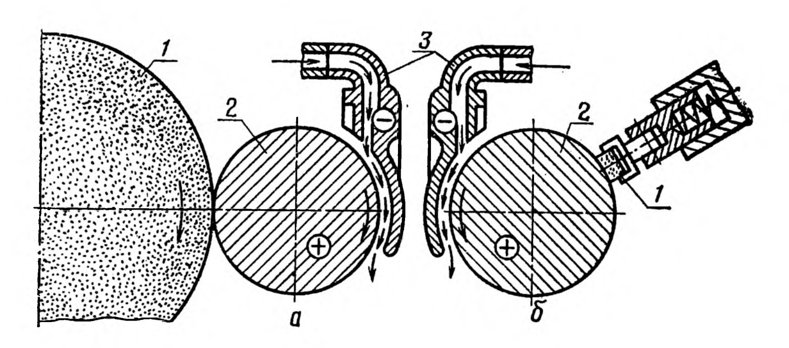


Рис. 42. Схема электрохимикомеханического шлифования электронейтральным инструментом:

а — шлифование с вращающимся инструментом (кругом); *б* — шлифование с неподвижным инструментом (бруском); *1* — абразивный инструмент; *2* — обрабатываемый вал; *3* — сопло (катод).

Электрохимикомеханическую обработку целесообразно использовать для предварительного шлифования наплавленного слоя металла с целью повышения производительности труда и в качестве доводочной операции шеек коленчатых валов.

Исследования, проведенные в Челябинском институте механизации и электрификации сельского хозяйства (ЧИМЭСХ), показали, что использование методов электрохимикомеханической обработки для суперфиниширования позволяет вести обработку с большими припусками, с высокой производительностью (0,08—0,1 мм/мин) и обеспечивать шероховатость поверхностей стальных деталей в пределах 10—11-го классов.

Электрохимикоалмазное суперфиниширование валов из стали (HRC 50—52) рекомендуется выполнять алмазными брусками 100%-ной концентрации на металлической связке М1 или эластичными алмазными брусками. Оптимальный режим обработки: напряжение 15—18 В, плотность тока 25—30 А/см^2, амплитуда колебаний алмазного бруска 2—3 мм, частота колебаний бруска 2800 двойных ходов в минуту, скорость обработки детали 70—90 м/мин; давление бруска 0,5—0,6 МПа (5—6 кгс/см^2), время обработки 1 мин; зернистость бруска АСМ 40/28 — АСМ 28/20, состав электролита 20% KNO_3 или $NaNO_3$, 0,5% $NaNO_2$, остальное вода.

Для лучшей работоспособности эластичного алмазного бруска при обработке шеек валов с галтелями ре-

комендуется выбирать толщину эластичного слоя 3—4 мм, а величину деформации бруска в крайних положениях устанавливать равной 0,2—0,3 мм. Доводку эластичными брусками выполняют при том же режиме, что и при использовании брусков на металлической связке. Только частота вращения при этом обеспечивается в пределах 20—25 об/мин и частота колебаний (число двойных ходов) бруска — 1000 в минуту.

Эффективным методом предварительной обработки наплавленных поверхностей высокой твердости оказался также метод электроэрозионнохимического шлифования. Сущность его состоит в совмещении в течение одного импульса тока одновременно двух процессов — электрического разряда (электроэрозии) и электрохимического растворения металла. В результате этого обеспечивается высокая производительность съема металла и высокие классы шероховатости и точности предварительной обработки шеек валов.

Этот метод был применен для обработки шеек коленчатых валов двигателей ГАЗ-51, восстановленных электродуговой наплавкой под легирующим флюсом. Шейки обрабатывали на переоборудованном круглошлифовальном станке 3151. В качестве источника питания использовался сварочный агрегат с напряжением 30 В типа ПСГ-500.

Электроэрозионнохимическое шлифование шеек коленчатых валов, наплавленных под легирующим флюсом, целесообразно проводить при напряжении 30 В и токе 450 А, используя электролит, содержащий 15% поваренной соли. При шлифовании коленчатых валов производительность съема металла составляла 4000—5000 мм^3/мин, шероховатость поверхности соответствовала 4—5-м классам, а точность обработки шеек — 0,02 мм.

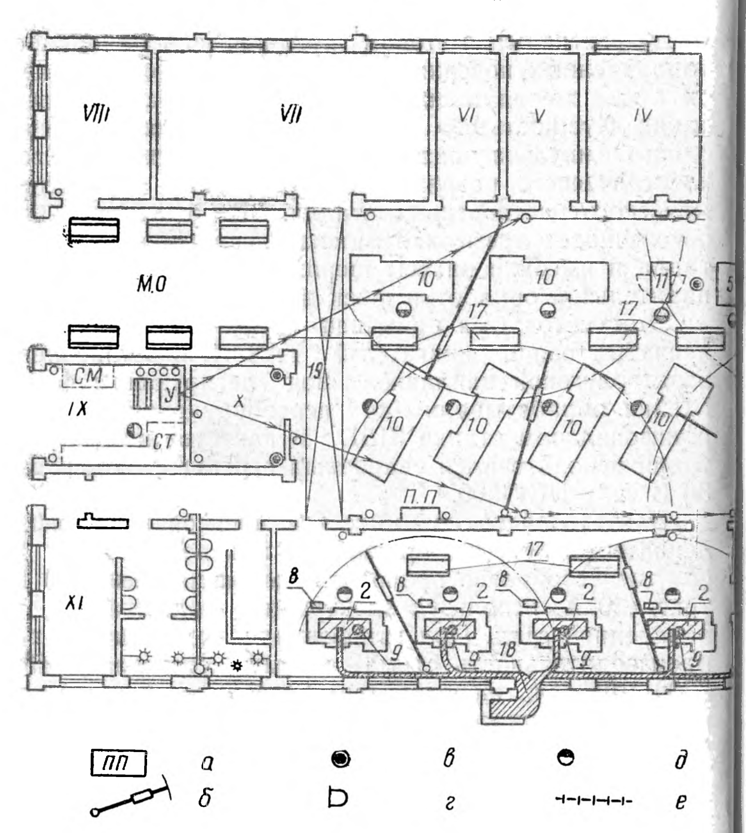
Глава 8

ОРГАНИЗАЦИЯ И ЭКОНОМИКА РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Необходимые условия для наиболее эффективного совершенствования организации восстановления и ремонта деталей могут быть созданы только при концент-

рации производства. Этого можно достигнуть при организации централизованного восстановления деталей.

Централизованному восстановлению подлежат: а) массовые недолговечные детали машин (поршневые пальцы, шкворни, шатуны, крестовины кардана и дифференциала, фланцы валов и т. д.); б) более металлоемкие детали, у которых величина отношения себестоимости ремонта к массе превышает 50 руб/т, допустимый радиус транспортировки находится в пределах 700—5200 км, а величина программы позволяет организовать серийное или массовое производство. К таким деталям относятся также коленчатые валы автотракторных двигателей.



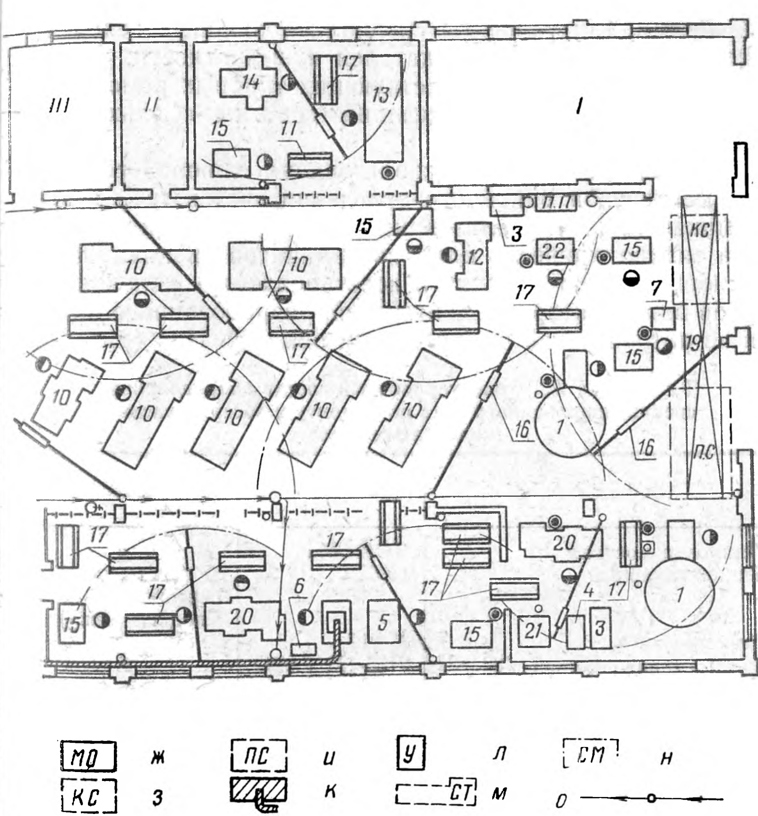


Рис. 43. План специализированного цеха ремонта и восстановления коленчатых валов:

а — противопожарный пост; *б* — поворотный кран; *в* — подвод сжатого воздуха; *г* — раковина умывальника; *д* — место рабочего; *е* — сетчатая перегородка; *ж* — место ожидания шлифования; *з* — место конечного складирования коленчатых валов; *и* — место предварительного складирования коленчатых валов, поступающих в ремонт; *к* — зонд местного отсоса загрязненного воздуха; *л* — установка для приготовления эмульсии; *м* — стеллаж для размещения тары и емкостей; *н* — стеллаж для размещения горюче-смазочных материалов; *о* — эмульсопровод; *I* — участок комплектования коленчатых валов для централизованной доставки заказчику; *II* — производственно-техническая служба; *III* — контора; *IV* — красный уголок; *V* — комната приема пищи; *VI* — инструментально-раздаточная кладовая; *VII* — рембаза; *VIII* — участок по изготовлению и ремонту оснастки; *IX* — отделение для приготовления эмульсии; *X* — отделение для приготовления спецглины и подготовки наплавочной проволоки; *XI* — бытовые помещения. *1* и *22* — моечные установки; *2* — наплавочный станок; *3* — дефектоскоп; *4* — стол; *5* — пресс; *6* — сварочный трансформатор; *7* — консервационная ванна; *8* — преобразователь тока; *9* — наплавочная головка; *10* — шлифовальный станок; *11* — радиально-сверлильный станок; *12* — полировальный станок; *13* — балансировочный станок; *14* — фрезерный станок; *15* — верстак; *16* — электрическая таль; *17* — передвижной стеллаж; *18* — вентиляционная установка; *19* — кран-балка; *20* — токарный станок; *21* — моечная ванна.

СТРУКТУРА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

В настоящее время созданы типовые проекты специализированных цехов централизованного восстановления автотракторных деталей. В проектах использованы исходные данные и технологические процессы восстановления деталей, разработанные ГОСНИТИ, ГосавтотрансНИИпроектом (УССР, Киев) и другими организациями. Есть проекты специализированных цехов по ремонту автотракторных деталей и, в частности, коленчатых валов на базе существующих типовых ремонтных мастерских районных отделений системы «Сельхозтехника».

В качестве примера использования типовой ремонтной мастерской районного отделения системы «Сельхозтехника» для централизованного ремонтного производства можно привести один из вариантов специализированного цеха по ремонту и восстановлению коленчатых валов автотракторных двигателей, разработанного, исходя из потребностей Черниговской области. Цех (рис. 43)

Таблица 28. **Ориентировочный состав оборудования специализированного цеха по ремонту и восстановлению коленчатых валов**

Оборудование	Тип	Количество
Установка моечная	КОМ-887Г	2
Станок токарный	1К62	7 (4 станка для переоборудования под наплавку)
Дефектоскоп	М-217	2
Пресс гидравлический 400 кН (40 тс)	2135-1М ГАРО	2
Трансформатор сварочный	СТН-350	1
Станок горизонтально-фрезерный	6М80Г	1
Головка наплавочная	А-580	4
Агрегат сварочный (преобразователь тока)	ПСО-500	4
Станок круглошлифовальный	3А423	12
Станок радиально-сверлильный	2А592	1
Станок для суперфиниширования (полировальный)	ПВК01-71	1
Станок балансировочный (универсально-балансировочная машина БМ-У4)	4247	1
Ванна для консервации с подогревом	ОМ-1316	1

Таблица 29. **Примерный состав рабочих специализированного цеха ремонта и восстановления коленчатых валов**

Операции	Профессия	Средний разряд	Количество человек при годовой программе ремонта	
			18 тыс. валов	27 тыс. валов
Моечные	Мойщик	2	3	4
Зачистные, токарные	Токарь	3,25	4	5
Контрольные, сортировочные	Дефектовщик-сортировщик	4	4	5
Правильные, прессовые, слесарные, сверлильные	Слесарь	3,3	3	4
Наплавочные, сварочные	Наплавщик-сварщик	4	5	7
Шлифовальные	Шлифовщик	3,5	16	24
Балансировочные, фрезерные	Балансировщик-фрезеровщик	4	2	3
Полировальные	Шлифовщик-полировщик	3	2	2
Консервационные, упаковочные	Комплектовщик-упаковщик	3	1	2
Итого:		3,45	40	56

рассчитан на максимальный годовой выпуск отремонтированных коленчатых валов — 27 тыс. шт. (18 тыс. шт. — ремонт; 9 тыс. шт. — восстановление).

Общая площадь цеха составляет 1100 м², из которой 76,3%, или 840 м², — производственная площадь. Технологическое оборудование размещено в порядке выполнения технологического процесса, что обеспечивает прямоточность прохождения ремонтируемых и восстанавливаемых коленчатых валов.

Ориентировочный состав основного оборудования специализированного цеха по ремонту и восстановлению коленчатых валов приведен в таблице 28.

Примерный состав рабочих специализированного цеха ремонта и восстановления коленчатых валов из расчета двухсменной работы приведен в таблице 29.

Примерное количество работающих для этого цеха приведено в таблице 30.

Таблица 30. **Примерное количество работающих специализированного цеха ремонта и восстановления коленчатых валов**

Категория работающих	Количество человек при годовой программе ремонта	
	18 тыс. валов	27 тыс. валов
Рабочие	48	67
В том числе:		
основные (производственные)	40	56
вспомогательные	8	11
Инженерно-технические работники	5	8
Младший обслуживающий персонал	1	2
Счетно-конторский персонал	3	3
Итого	57	80

ОРГАНИЗАЦИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО РЕМОНТА И ВОССТАНОВЛЕНИЯ

Специализированное ремонтное предприятие (цех) возглавляет начальник, который отвечает за выполнение плановых заданий и производственно-хозяйственную деятельность коллектива. Ему подчинены все службы цеха и прежде всего мастера, которые организуют работу в сменах. За решение технических вопросов несет ответственность старший инженер (начальник технического отдела) цеха.

Учет поступающей и сданной продукции, планирование запуска, табельный учет, а также нормирование возлагается на плановиков-нормировщиков. Службу контроля цеха возглавляет контрольный мастер (старший контролер). Ориентировочный структурный состав специализированного цеха ремонта и восстановления коленчатых валов с различной программой приведен в таблице 31.

Ремонт и восстановление коленчатых валов при поточном производстве выполняют при полном обезличивании деталей. Транспортировку коленчатых валов из хозяйств в специализированный цех или на обменные пункты и обратно обеспечивают хозяйства, сдающие детали в ремонт, или специализированные предприятия по централизованному ремонту двигателей. Для скорейшего получения отремонтированных коленчатых ва-

Таблица 31. **Структурный состав специализированного цеха ремонта и восстановления коленчатых валов**

Категории, должности и профессии работающих	Количество человек при годовой программе ремонта	
	18 тыс. валов	27 тыс. валов
Инженерно-технические работники	5	8
В том числе:		
начальник цеха	1	1
зам. начальника цеха	—	1
производственный мастер	2	2
контрольный мастер	1	1
старший инженер	1	1
механик-энергетик	—	1
инженер	—	1
Младший обслуживающий персонал (уборщик)	1	2
Счетно-конторский персонал	2	3
В том числе:		
бухгалтер	1	1
плановик-нормировщик	1	—
плановик-учетчик	—	1
табельщик-нормировщик	—	1
Рабочие	48	67
В том числе:		
основные (производственные)	40	56
вспомогательные	8	11

лов, вместо сданных в ремонт, создается обменный фонд деталей.

Прибывающие в цех коленчатые валы разгружают на местах предварительного складирования (ПС). С этих мест сгруппированные по типоразмерам коленчатые валы поступают на мойку. После мойки зачищают шейки и подвергают их дефектоскопии. Если необходимо, коленчатые валы правят, а требующие восстановления детали поступают на заварку и наплавку. Коленчатые валы, подлежащие ремонту, изымают из восстановительного потока и транспортируют на место ожидания шлифования (МО).

Наплавленные коленчатые валы направляют на предварительное шлифование.

Чистовое шлифование и дальнейшую обработку восстанавливаемых коленчатых валов, так же, как и шли-

фование шеек под ремонтные размеры, обычно выполняют на одних и тех же станках.

После выполнения всех предусмотренных операций и контроля коленчатые валы попадают на комплектацию, консервацию и упаковку.

В упакованном виде детали отгружают на место конечного складирования (КС).

Важное значение на специализированном ремонтном производстве имеет организация технического контроля.

В основные задачи службы технического контроля цеха входят: выявление качества материалов, проверка размеров, геометрической формы и качества обработанных поверхностей коленчатых валов; надзор за применяемыми измерительными средствами, сбор сведений о работе выпускаемых из ремонта коленчатых валов и проведение мероприятий по снижению брака выпускаемой продукции.

Окончательный контроль отремонтированных коленчатых валов проводят на контрольном пункте (КП) в конце поточной линии.

Хорошая организация инструментального и ремонтного хозяйства также является одним из факторов успешного функционирования производства.

Все инструменты и приспособления выдают на рабочие места через инструментально-раздаточную кладовую (ИРК). Кладовая оборудована стеллажами для хранения шлифовальных кругов, другого обрабатывающего и измерительного инструмента и приспособлений.

На рабочие места выдают шлифовальные круги, только испытанные на прочность. Для этого используют станки ЛТ-1, ЛТ-2, ЛТ-7. Для балансировки шлифовальных кругов на оправках применяют балансировочные устройства (ножи).

Затачивать и восстанавливать инструмент и приспособления должен слесарь по оснастке (слесарь-заточник).

Для своевременного обслуживания оборудования в цехе составляют график ППР, утверждаемый начальником цеха.

Успешной работе цеха способствует и правильная организация складского хозяйства.

Складирование и хранение коленчатых валов на рабочих местах допускается на подвижных стеллажах. На

них же можно хранить коленчатые валы, находящиеся на месте ожидания шлифования (МО).

Инструменты и оснастка, а также некоторые запасные части для оборудования могут складироваться в инструментально-раздаточной кладовой.

Химикаты и компоненты для приготовления эмульсии (Эмульсол Э-3 (В) или Э-2 (Б) ГОСТ 1975—53, кальцинированная сода) и моющих растворов, а также горюче-смазочные материалы хранят в отделении приготовления эмульсии (склад СОЖ).

Составляющие для приготовления специальной глины и наплавочную проволоку, готовую к употреблению, хранят в отделении для приготовления глины и наплавочной проволоки.

Компоненты для приготовления легирующего флюса, а также приготовленный флюс целесообразно хранить в отделении приготовления флюса, которое располагается обычно в некотором удалении от корпуса цеха.

Над главным пролетом цеха располагают одну, а иногда и две кран-балки грузоподъемностью 3—5 т. Они служат для выгрузки прибывающих в ремонт коленчатых валов, погрузки отремонтированных и упакованных валов на транспортные средства, облегчения разборки и сборки оборудования при ремонте, транспортировки по цеху агрегатов, узлов и оборудования и других работ.

Удобно размещать коленчатые валы на подвижных стеллажах, которые можно перекатывать вместе с деталями от одного рабочего места к другому. Если необходимо, то можно перемещать коленчатые валы, уложенные на подвижных стеллажах, или в специальных контейнерах для транспортировки при помощи кран-балок.

На многих ремонтных специализированных предприятиях используют для транспортировки деталей подвесные толкающие конвейеры и самотранспортирующие рольганги. Применение таких средств транспортировки экономически оправдано при выполнении продукции одного типоразмера.

Наиболее приемлема для специализированного цеха ремонта различных по типоразмерам коленчатых валов траспортировка их со стеллажей на станок или верстак при помощи консольных поворотных кран-балок с тель-

ферами грузоподъемностью до 0,25 т. Такие кран-балки устанавливают в цехе так, чтобы они перекрывали всю производственную площадь цеха.

НЕКОТОРЫЕ СВЕДЕНИЯ ПО НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА И РАБОЧИХ МЕСТ

Поточный метод производства на специализированных предприятиях — это такая форма организации труда в ремонтном производстве, при которой процесс производства расчленяется на отдельные операции, выполняемые на определенных рабочих местах, определенными рабочими. Разделение труда, сосредоточение работников на выполнении одной или даже части операции, ведут к значительному повышению производительности труда. В условиях поточного производства выдерживается определенная направленность, непрерывность движения коленчатых валов в процессе их ремонта и вос-

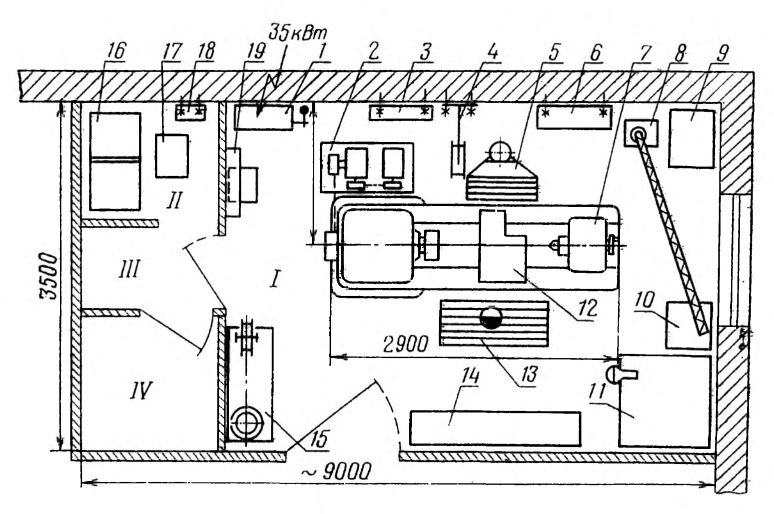


Рис. 44. План и оборудование участка для наплавки деталей:

I — отделение наплавки; *II* — отделение источников питания; *III* — отделение подготовки и хранения материалов; *IV* — отделение приготовления и хранения флюсов. *1* — распределительный щит; *2* — электродвигатель; *3* — щит с электроизмерительными приборами и контрольной лампой; *4* — кронштейн с кассетой для электродной проволоки; *5* — вентиляционное устройство; *6* — бак для охлаждающей жидкости; *7* — станок; *8* — поворотный кран; *9* — шкаф для одежды; *10* — тумбочка для инструмента; *11* — верстак; *12* — наплавочная головка; *13* — деревянный настил; *14* — стеллаж для деталей; *15* — верстак с вертушкой для перематывания проволоки; *16* — источник тока; *17* — дроссель; *18* — магнитный пускатель источника тока; *19*—противопожарное оборудование.

становления. Поэтому рабочие места располагают по ходу производственного процесса.

Внедрение элементов научной организации труда на ремонтном предприятии начинается с совершенствования рабочих мест. Рациональная организация рабочих мест заключается в создании максимальных удобств для рабочего путем правильной расстановки оборудования, расположения инструментов и предметов труда. Важное значение имеет своевременное обеспечение рабочих мест всем необходимым для работы.

На рисунке 44 показан один из вариантов рациональной планировки и оборудования участка для дуговой наплавки деталей.

Планируя транспортировку грузов, необходимо предотвратить встречные грузопотоки и излишнее перекрещивание их в процессе ремонта деталей.

При организации труда на поточной линии необходимо согласовать продолжительность выполнения операций на рабочих местах и подчинение времени обработки на каждом рабочем месте такту поточной линии.

Важным звеном в научной огранизации труда является культура производства. Инструмент в тумбочках размещают в порядке частоты его применения. Тумбочки окрашивают светлой краской, оборудование светло-зеленой, а подвижные элементы его — желтой. Пол должен быть в сухом состоянии.

СЕБЕСТОИМОСТЬ ОТРЕМОНТИРОВАННЫХ И ВОССТАНОВЛЕННЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Высокая надежность и долговечность отремонтированных машин должны быть достигнуты при экономически целесообразном расходовании труда и материальных средств. Поэтому только комплексное решение технических проблем, при котором качество, производительность и экономичность рассматриваются как единое целое, может дать правильное представление о сравниваемых технологических процессах ремонта и восстановления деталей.

В таблице 32 в качестве примера приведены затраты на восстановление коленчатых валов двигателя ГАЗ-51 различными способами наплавки при различных типах производства.

Таблица 32. Зависимость затрат на восстановление коленчатых валов от способов наплавки при различных типах производства

Вариант	Способ наплавки	Отношение сроков службы восстановленной и новой детали	Затраты на восстановление, руб.			
			производство			
			массовое	крупносерийное	серийное	мелкосерийное
I	Под флюсом с последующим высокотемпературным отпуском и закалкой т. в. ч.	1,11	5,63	7,78	13,80	21,51
II	Под флюсом, легированным графитом и феррохромом	1,05	5,27	7,02	12,15	19,79
III	Под флюсом, легированным графитом	0,96	5,28	7,08	12,16	19,80
IV	Порошковой проволокой ПП-2Х13-О с сердечником, создающим при горении дуги газовую защиту расплавленного металла	0,55	6,22	7,97	13,10	20,72

Как видно из таблицы 32, тип производства оказывает большое влияние на стоимость восстановления деталей.

Так, например, себестоимость восстановленного коленчатого вала в Новгород-Северском районном объединении системы «Укрсельхозтехника» несколько превышает 16 руб., а по данным ГОСНИТИ средняя себестоимость восстановления коленчатых валов в мелких ремонтных мастерских системы «Союзсельхозтехника» достигает 18—20 руб. и более. По данным НИИАТ РСФСР, при восстановлении коленчатых валов двигателей ЗИЛ-130 наплавкой под легирующим флюсом в условиях специализированного ремонтного производства можно снизить их себестоимость и довести отпускную цену до 11 руб. 69 коп.

Средняя проектная себестоимость отремонтированных и восстановленных наплавкой коленчатых валов в специализированном цехе на базе типовой ремонтной мастерской приведена в таблице 33.

Таблица 33. **Средняя себестоимость отремонтированных и восстановленных наплавкой коленчатых валов в специализированном цехе на базе типовой ремонтной мастерской**

Составляющие себестоимости	Затраты, руб.			
	на ремонт коленчатого вала при годовой программе		на восстановление коленчатого вала при годовой программе	
	18 тыс. шт.	27 тыс. шт.	18 тыс. шт.	27 тыс. шт.
Основные материалы	—	—	0,66	0,66
Основная зарплата	1,27	1,27	3,66	3,66
Накладные расходы	2,07	1,76	5,95	5,1
Внепроизводственные расходы	0,19	0,19	0,19	0,19
Прочие расходы	0,11	0,11	0,11	0,11
Себестоимость	3,54	3,33	10,57	9,72

Из рассмотрения приведенных данных можно сделать выводы, что для снижения себестоимости ремонта и восстановления деталей необходимо:

1) использовать прогрессивные способы ремонта и восстановления изношенных деталей;

2) применять механизированные и автоматизированные процессы ремонта и восстановления;

3) снижать затраты труда, внедряя элементы научной организации труда;

4) применять централизованный ремонт и создавать специализированные ремонтные предприятия;

5) снижать затраты, проводя режим экономии материалов, электроэнергии, воздуха, тепла и др.

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА И РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОССТАНОВЛЕННЫХ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

При расчете экономической эффективности прогрессивной технологии ремонта и восстановления необходимо наряду с себестоимостью учитывать и снижение расходов на эксплуатацию за счет улучшения эксплуатационных свойств деталей.

Для этого используют формулу приведенных годовых затрат применительно к одной отремонтированной детали:

$$W_{п.г} = e + E_н \cdot K_в,$$

где $W_{п.г}$ — приведенные годовые затраты, связанные с использованием одной детали, $\frac{руб/год}{деталь}$;

e — эксплуатационные расходы, $\frac{руб/год}{деталь}$;

$K_в$ — капитальные вложения, руб/деталь;

$E_н$ — нормативный коэффициент капитальных вложений, долей/год.

В качестве эксплуатационных расходов, которые различаются до и после внедрения прогрессивной технологии восстановления и обработки деталей, необходимо учитывать:

ежегодные затраты, связанные с заменой деталей — $S_з$ $\frac{руб/год}{деталь}$;

ежегодный ущерб, обусловленный простоями машины во время замены детали (узла) — $S_{п.з}$, $\frac{руб/год}{деталь}$.

Экономически эффективным вариантом является тот, у которого величина приведенных годовых затрат минимальна. При $W_{п.г2} < W_{п.г1}$ общая экономия $Э$ годовых затрат от внедрения нового варианта технологического процесса восстановления и обработки составит:

$$Э = (W_{п.г1} - W_{п.г2}) \cdot N, \text{ руб/год},$$

где N — количество деталей, которое восстановлено или будет восстановлено по прогрессивному варианту в год.

$W_{п.г1}$ и $W_{п.г2}$ — годовые затраты соответственно для вариантов 1 и 2 восстановления и ремонта коленчатых валов.

В условиях мелкосерийного и серийного типов производства по себестоимости восстановления коленчатых валов наиболее приемлемыми оказываются варианты II, III, IV (см. табл. 32). Однако детали, восстановленные по этим вариантам, по качественным показателям и сроку эксплуатации уступают соответственно на 6%, 15% и на 56% коленчатым валам, восстановленным по варианту I. Следовательно, для одного и того же периода работы двигателя, равного сроку эксплуатации коленчатого вала, восстановленного наплавкой по I варианту, понадобится два вала, наплавленных по варианту IV, плюс затраты на дополнительную замену детали и простой. Отсюда себестоимость восстановления коленчатых

валов с учетом эксплуатационных свойств будет составлять: по I варианту 21,51 руб., по II варианту 41,44 руб.

Таким образом, только расчетом с учетом качества ремонта и обеспечиваемых эксплуатационных свойств можно правильно выбрать технически и экономически обоснованный вариант ремонта и восстановления деталей машин.

ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРОТИВОПОЖАРНЫЕ МЕРЫ В РЕМОНТНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Отличное знание оборудования и правил обращения с ним, строгое соблюдение правил по технике безопасности являются необходимыми условиями безопасности при выполнении процессов ремонта и восстановления деталей машин.

Меры по предупреждению несчастных случаев и травматизма на предприятии следует проводить систематически. Цехи и участки должны быть оборудованы стендами и плакатами по безопасным приемам труда. Прежде чем допустить рабочих к работе, проводят квартальный инструктаж и инструктаж на рабочем месте. Рекомендуется осуществлять в цехе дежурство рабочих по технике безопасности и двух- или трехступенчатый контроль соблюдения правил охраны труда и техники безопасности.

Основные причины травматизма:

отсутствие ограждений и предохранительных устройств у обслуживаемого оборудования;

несовершенство оградительных устройств;

неисправность оборудования, инструмента и приспособлений;

недостатки в организации и содержании рабочего места;

нерациональные способы выполнения отдельных технологических операций.

Все оборудование должно быть исправно и заземлено. Как правило, его устанавливают на фундаментах или на амортизирующих подставках. Оборудование следует очищать от стружки и грязи, смазывать и регулировать только после его остановки. Снимать стружку при обработке деталей необходимо металлическими крючками или щеткой. Для защиты глаз от поражения стружкой станки должны быть снабжены экранами и

щитками из небьющегося стекла. Кроме того, следует пользоваться защитными очками.

Для предохранения работающих от воздействия охлаждающих жидкостей используют экраны и местные отсосы, а также применяют специальные пасты, которые наносят тонким слоем на открытые части кожи перед началом работы. Одежда работающих должна быть аккуратно заправлена для предотвращения захвата ее подвижными элементами станка. Длинные волосы нужно уложить под головной убор или сетку.

Станки устанавливают так, чтобы при наибольшем ходе стола или ползуна (фрезерные, строгальные и др.) был обеспечен свободный проход шириной не менее 0,7 м.

На сверлильных станках обрабатываемые детали следует надежно закреплять при помощи устройств и приспособлений. Запрещается удерживать обрабатываемые детали руками.

Шлифовальные и заточные станки, работающие без охлаждения, должны быть оснащены пылеотсасывающими устройствами. Абразивный круг должен быть закрыт прочным кожухом. Наблюдать за обработкой допускается только через прозрачный экран. Зазор между кругом и подручником не должен превышать 3 мм.

К сварочным работам допускаются лица, сдавшие экзамен на право работы и твердо знающие правила техники безопасности.

Сварочная дуга излучает, кроме видимых световых лучей, также и невидимые лучи — инфракрасные и ультрафиолетовые. Ультрафиолетовые лучи даже при кратковременном воздействии на глаза (5—10 мин) вызывают спазмы век, слезотечение и воспаление глаз. Кроме воздействия на глаза, ультрафиолетовые лучи действуют на кожу, вызывая ожоги, подобные ожогам при длительном воздействии солнечных лучей.

Для защиты глаз и кожи лица от воздействия лучей применяют щитки и маски с защитными темными стеклами. Все остальные части тела при ручной заварке закрывают специальной одеждой. Для предохранения окружающих от излучения дуги места сварки ограждают светонепроницаемыми ширмами или щитками.

Для удаления вредных газов и пыли места сварки и наплавки должны быть оборудованы местной вытяжной вентиляцией.

Кроме того, работая с электрическими машинами, сварщик подвергается опасности поражения электрическим током.

При работе сварщик может получить и тепловые ожоги как от капель и брызг расплавленного металла, так и от прикосновения к нагретым от дуги деталям. Для того чтобы брызги и капли металла не прожигали одежду и не причиняли ожога, спецодежда сварщика должна быть изготовлена из плотного брезента, а карманы должны закрываться клапанами.

Сварщик при работе не должен заправлять куртку в брюки или брюки в сапоги для того, чтобы брызги металла могли свободно скатываться на пол, не задерживаясь в складках одежды. Брюки у сварщика должны быть длинными, закрывающими ботинки. Обувь должна плотно прилегать к ноге и быть зашнурована. Голова сварщика должна быть покрыта головным убором без козырька, так как последний затрудняет работу со щитком.

Запрещается сварку выполнять вблизи от огнеопасных и легковоспламеняющихся материалов.

Устанавливать и ремонтировать сварочно-наплавочное оборудование должны только специально подготовленные рабочие.

К противопожарным мероприятиям на ремонтных предприятиях относятся:

1) установка оборудованных средствами пожаротушения (багры, лопаты, ведра, кошма, песок и т. д.) противопожарных постов;

2) размещение огнетушителей (на колоннах и других доступных местах);

3) хранение СОЖ и горюче-смазочных материалов в отдельном помещении с выходом наружу;

4) установка в соответствующих местах гидрантов (подводов воды) и шлангов;

5) содержание проходов и проездов в свободном (незагроможденном) состоянии.

Приложение 1

Технологический процесс восстановления коленчатого вала двигателя ЗИЛ-164

Наименование детали	Материал	Способ восстановления
Коленчатый вал, деталь № 150В-1005020	Сталь 45 селективная, твердость HRC 52—62	Заварка трещин на галтелях шеек и автоматическая наплавка под флюсом

Наименование операций и переходов	Оборудование	Инструмент, приспособления и материалы
Мойка		
Промыть коленчатый вал в горячем растворе каустической соды и горячей воде	Моечная машина	—
Проверка коленчатого вала		
1. Установить коленчатый вал на призмы верстака	Слесарный верстак	Призмы
2. Смочить волосяную щетку в керосине и намочить им галтель 6-й шатунной шейки с внутренней стороны колена около масляного канала и и 7-й коренной шейки	—	Волосяная щетка, керосин
3. Закрыть с одной из сторон отверстие масляного канала пробкой, а с другой стороны подвести шланг со сжатым воздухом и открыть кран	—	Резиновая пробка, шланг для сжатого воздуха с кнопочным краном
4. Проверить, нет ли трещины на шатунной шейке по выходящему из нее керосину и пузырькам	—	—
5. Пометить место с трещиной красной краской, не закрашивая трещину	—	—
6. Повторить 2, 3 и 4-й переходы для всех шатунных и смежных с ними коренных шеек в местах прохождения масляных каналов	—	—

Наименование операций и переходов	Оборудование	Инструмент, приспособления и материалы
7. В призмах на верстаке проверить биение вала по 4-й коренной шейке и при биении более 0,20 мм снять вал и отправить на правку	—	Индикатор на штативе
Правка коленчатого вала		
1. Установить коленчатый вал на призмы пресса	Гидравлический пресс ГАРО, 400 кН (40 тс)	Призмы
2. Выправить вал до биения не более 0,15 мм	—	Индикатор на штативе
3. Снять вал		—
Обработка трещины на шатунной шейке под сварку и заварка канавки		
1. Установить коленчатый вал в приспособление (см. рис. 12)	Стол сварщика (верстак)	Приспособление для установки и растягивания вала
2. Выплавить металл на всей длине трещины, сделав канавку глубиной 7—8 мм и шириной 8—9 мм	Ацетиленовый генератор или заводская ацетиленовая магистраль	Сварочная горелка ГС-53 с наконечником № 3
3. Заплавить канавку примерно на $^2/_3$ глубины	Сварочный преобразователь ПС-300	Электроды марки МР-3 диаметром 4 мм, электрододержатель, провод
4. Удалить шлак с поверхности шва	—	Зубило, слесарный молоток 0,5 кг
5. Наплавить второй шов на первый с усилением (выступом) его над поверхностью на 1,4—2,0 мм	Сварочный преобразователь ПС-300	—
6. Оставить коленчатый вал в приспособлении для охлаждения на воздухе	—	—
7. Снять вал	—	—

Наименование операций и переходов	Оборудование	Инструмент, приспособления и материалы
Проточка кольцевой канавки на галтели коренной шейки с другой стороны щеки		
1. Установить коленчатый вал фланцем под маховик в патрон, а отверстием под храповик в центр задней бабки. На 4-ю коренную шейку установить люнет	Токарный станок 1К62	Токарный патрон, люнет, вращающийся центр, специальный резец по форме канавки
2. Выточить на галтели кольцевую канавку глубиной 6—7 мм и шириной 8—9 мм, врезаясь в щеку и шейку вала	—	—
3. Снять вал	—	—
Заварка кольцевой канавки на коренной шейке и щеке		
1. Установить коленчатый вал в приспособление (см. рис. 12)	Стол сварщика (верстак)	Приспособление для установки вала
2. Заплавить кольцевую канавку на коренной шейке примерно на $^2/_3$ глубины	Сварочный преобразователь ПС-300	Электроды марки МР-3 диаметром 4 мм, электрододержатель, провод
3. Удалить шлак с поверхности первого шва	—	Зубило, слесарный молоток 0,5 кг
4. Наплавить второй шов на первый с усилением (выступом) до 1,5—2,0 мм	—	—
5. Оставить коленчатый вал в приспособлении для охлаждения на воздухе	—	—
6. Снять вал	—	—
Правка коленчатого вала после заварки трещины		
1. Уставить коленчатый вал на призмы пресса	Гидравлический пресс ГАРО, 400 кН (40 тс)	Призмы

Наименование операций и переходов	Оборудование	Инструмент, приспособления и материалы
2. Проверить биение вала и отметить места, подлежащие правке	—	Индикатор на штативе, мел
3. Выправить вал при биении более 0,3 мм до биения 0,10—0,15 мм	—	—
4. Снять вал	—	—
Удаление усиления шва на коренной шейке		
1. Установить коленчатый вал фланцем под маховик в патрон токарного станка, а отверстием под храповик во вращающийся центр задней бабки. На среднюю коренную шейку установить люнет	Токарный станок 1К62	Патрон, люнет, вращающийся центр
2. Обработать наплавленный шов на коренной шейке, обеспечив радиус галтели 5—6 мм при полном износе шеек. Для шеек, пригодных для шлифования под ремонтный размер, радиус галтели должен быть 2—2,5 мм	—	Резец из твердого сплава Т15К6
3. Снять вал	—	—
Удаление усиления сварного шва на шатунной шейке		
1. Установить коленчатый вал на шлифовальный станок	Шлифовальный станок (любого типа) для коленчатых валов	Центросместители

Продолжение

Наименование операций и переходов	Оборудование	Инструмент, приспособления и материалы
2. Удалить шлифованием лишний металл усиления шва на галтели и щеке, обеспечив радиус галтели при полном износе шеек вала 5—6 мм. Для шеек, пригодных для шлифования под ремонтный размер, радиус галтели должен быть 2—2,5 мм	—	—
3. Снять вал	—	—

Примечания: 1. После удаления усиления сварного шва на шатунной шейке коленчатые валы, шейки которых не изношены полностью, шлифуют под ремонтный размер, затем упрочняют галтели и щеки в местах заварки трещин, проверяют валы на биение и, если необходимо, правят их и полируют шейки.

2. Коленчатые валы, шейки которых имеют предельный износ, т. е. изношены до последнего ремонтного размера, после удаления усиления сварного шва на шатунной шейке восстанавливают автоматической наплавкой под легирующим флюсом.

3. Упрочняют пневмомолотком или роликами (см. рис. 24).

Приложение 2

Геометрические параметры восстановленных элементов коленчатого вала

Марка двигателя	Овальность и конусность шатунных и коренных шеек, мм	Диаметр наружной поверхности, мм				Наружная резьба
		вала			фланца под маховик	
		под шкив	под распределительную шестерню	под шестерню привода масляного насоса		
СМД-14	0,015	1,5*	$56^{+0,050}_{+0,020}$	$56^{+0,050}_{+0,020}$	$130^{-0,05}_{-0,09}$	M56×1,5-8д
Д-50, Д-240	0,010	$35^{-0,025}_{-0,050}$	$38^{+0,035}_{+0,018}$	$38^{-0,010}_{-0,027}$	$100_{-0,023}$	—
Д-48Л, Д-65П	0,015	$45^{-0,025}_{-0,050}$	$48^{+0,035}_{+0,018}$	—	$145^{-0,020}_{-0,040}$	—
Д-37М	0,013	$34^{+0,020}$	$38^{+0,035}_{+0,018}$	$38^{+0,035}_{+0,028}$	$85^{-0,015}_{-0,038}$	—
Д-108	0,015	1,5*	$75^{+0,040}_{+0,020}$	$75^{+0,040}_{+0,020}$	$190^{-0,022}_{-0,052}$	M72×2-6д
Д-41М	0,015	$60^{-0,030}_{-0,060}$	$60^{-0,030}_{-0,060}$	$60^{-0,030}_{-0,060}$	$140^{-0,05}_{-0,09}$	—
А-01М	0,015	$60^{-0,030}_{-0,060}$	$60^{+0,050}_{+0,020}$	$60^{+0,050}_{+0,020}$	$140^{-0,05}_{-0,09}$	—

Продолжение

Марка двигателя	Овальность и конусность шатунных и коренных шеек, мм	Диаметр наружной поверхности, мм				Наружная резьба
		вала			фланца под маховик	
		под шкив	под распределительную шестерню	под шестерню привода масляного насоса		
ЯМЗ-238Б	0,010	$50^{+0,035}_{+0,016}$	$71^{+0,055}_{+0,035}$	$72^{+0,055}_{+0,035}$	140±0,014	М68×2-8д
СМД-60	0,015	1,5*	$71^{+0,055}_{+0,035}$	$70^{+0,055}_{+0,035}$	$106^{+0,045}_{+0,023}$	М105×2-6д М64×2-6д
Д-21	0,013	$34^{+0,020}_{+0,003}$	$38^{+0,035}_{+0,018}$	$38^{+3,035}_{+0,018}$	$85^{-0,016}_{-0,038}$	—
Д-16	0,013	35±0,008	36±0,008	35±0,008	$80^{+0,22}_{+0,16}$	—
ГАЗ-51	0,010	$38^{+0,020}_{+0,003}$	$40^{+0,020}_{+0,003}$	—	122±0,014	—
ГАЗ-53	0,010	$38^{+0,020}_{+0,003}$	$40^{+0,020}_{+0,003}$	—	122±0,014	—
ЗИЛ-120	0,010	$46^{-0,025}_{-0,050}$	$50^{+0,020}_{+0,003}$	—	$140^{-0,10}_{-0,20}$	—
ЗИЛ-130	0,010	$46^{-0,025}_{-0,050}$	$46^{-0,025}_{-0,050}$	—	$140^{-0,10}_{-0,20}$	—

Продолжение

Марка двигателя	Диаметр внутренней поверхности, мм		Внутренняя резьба		Ширина шпоночного паза, мм
	под штифты	под подшипники вала муфты сцепления	под шкив	во фланце	
СМД-14	$14^{-0,022}_{-0,048}$	$52^{+0,03}$	M24×2-7H	M14×2-6H	$10^{-0,015}_{-0,065}$ $8^{-0,015}_{-0,065}$
Д-50, Д-240	$14^{-0,022}_{-0,048}$	—	M18×1,5-6H	M14×1,5-6H	$6^{-0,010}_{-0,055}$
Д-48Л, Д-65П	$14_{-0,019}$	—	M24×2-6H	—	$8^{-0,015}_{-0,065}$ $6^{-0,010}_{-0,055}$
Д-37М	$12^{-0,015}_{-0,034}$	$47^{-0,007}_{-0,035}$	M12×1,5-6H	M12×1,5-6H	$8^{-0,015}_{-0,065}$ $5^{-0,010}_{-0,055}$
Д-108	—	—	M33×2-6H	M20×1,5-6H	$6^{+0,012}_{-0,040}$
Д-41М	$16^{-0,015}_{-0,035}$	—	M22×1,5-7H	M16-6H	—
А-01М	$16^{-0,015}_{-0,035}$	$52^{+0,01}$	M22×1,5-7H	M16-6H	—
ЯМЗ-238Б	$22,5^{-0,019}_{-0,042}$	—	M27×2-7H	M16×1,5-6H	$10^{-0,015}_{-0,065}$

Продолжение

Марка двигателя	Диаметр внутренней поверхности, мм		Внутренняя резьба		Ширина шпоночного паза, мм
	под штифты	под подшипник вала муфты сцепления	под шкив	во фланце	
СМД-60	$12^{+0,019}$	$52^{+0,003}$	М24×2-7Н	М16×1,5-6Н	$8^{-0,015}_{-0,065}$ $5^{-0,010}_{-0,055}$
Д-21	$12^{-0,015}_{-0,034}$	$47^{-0,007}_{-0,035}$	М16×1,5-6Н	М12×1,25-6Н	$8^{-0,015}_{-0,065}$ $5^{-0,010}_{-0,055}$
Д-16	$12^{+0,03}$	$41,5^{+0,05}$	М16×1,5-6Н	М12×1,25-6Н	$8_{-0,030}$ $5^{-0,010}_{-0,055}$
ГАЗ-51	$12^{+0,027}$	$40^{-0,012}_{-0,028}$	М27×2-4Н	—	$8^{+0,060}_{-0,016}$ $5^{-0,010}_{-0,059}$
ГАЗ-53	$12^{+0,027}$	$40^{-0,012}_{-0,028}$	М27×2-4Н	—	$8^{+0,060}_{-0,016}$ $5^{-0,010}_{-0,055}$
ЗИЛ-120	$14^{+0,035}$	$52^{-0,008}_{-0,040}$	М27×1,5-7Н	—	$6^{-0,010}_{-0,055}$
ЗИЛ-130	$14^{+0,035}$	$52^{-0,008}_{-0,040}$	М27×1,5-7Н	—	$6^{-0,010}_{-0,055}$

* Величина утопания торца конуса коленчатого вала при замере конуса калибром.

Примечание. Коленчатые валы двигателей Д-240, А-41М и А-01М имеют шлицы под шестерню и под шкив коленчатого вала. Ширина зуба по дуге делительной окружности равна $5,37^{-0,070}_{-0,150}$ мм.

УКАЗАТЕЛЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аскинази Б. И. Упрочнение и восстановление деталей электромеханической обработкой. Л., «Машиностроение», 1968.
2. Афанасьев В. А., Горохов А. В., Горохов В. А. Сварочные работы. М., Россельхозиздат, 1973.
3. Горохов В. А. Алмазное выглаживание металлов. Барнаул, изд. АЦИТИ, № 55 (317), 1968.
4. Горохов В. А., Шнейдер М. Ю. Расчет экономической эффективности технологического процесса с учетом обеспечиваемых эксплуатационных свойств деталей. Барнаул, изд. АЦИТИ, 1971.
5. Горохов В. А. Электромагнитная виброголовка. «Станки и инструмент», 1971, № 9.
6. Горохов В. А. Прогнозирование точности при холодной обработке деталей давлением на металлорежущих станках. Сб. «Технология и организация судового машиностроения», серия 3. М., 1973, № 1.
7. Горохов В. А. Алмазная обработка закаленных стальных деталей. «Техника в сельском хозяйстве», 1974, № 1.
8. Горохов В. А. Вибровыглаживание алмазом деталей с химико-термической обработкой. Сб. «Наука и технический прогресс в машиностроении». Минск, изд. БелНИИНТИ, 1974.
9. Горохов В. А., Гончаров В. Д. Алмазная обработка деталей с никелевым покрытием. Сб. «Алмазы», вып. 1, М., 1972.
10. Горохов В. А., Руденко П. А., Мондрус И. И. Универсальное устройство для контроля коленчатых валов. «Механизация сельского хозяйства». Киев, «Урожай», 1974, № 10.
11. Деев В. Ф. Технология многоэлектродной наплавки коленчатых валов. «Техника в сельском хозяйстве», 1973, № 10.
12. Доценко Г. Н. Восстановление чугунных коленчатых валов автоматической наплавкой. М., НИИАТ, «Транспорт», 1970.
13. Доценко Н. И. Восстановление автомобильных деталей сваркой и наплавкой. М., «Транспорт», 1972.
14. Дюмин И. Е., Какуевицкий В. А., Силкин А. С. Современные методы организации и технологии ремонта автомобилей. Киев, «Техника», 1974.
15. Егоров М. Е. Основы проектирования машиностроительных заводов. М., «Высшая школа», 1969.
16. Клименко А. К. Ремонт и укладка коленчатых валов. М., «Колос», 1966.
17. Левин Э. Л., Синяговский И. С., Трофимов Г. С. Термомеханическое упрочнение деталей при восстановлении наплавкой. М., «Колос», 1974.
18. Лобанов Н. А., Черкасов Г. Н. Рабочее место, его организация и резервы. Л., Лениздат, 1973.
19. Лужман Г Ф., Симонятов В. Г Восстановление вибродуговой наплавкой в кислороде чугунных коленчатых валов М-21. «Автоматическая сварка», 1968, № 4.

20. Мошенский Ю. А. Наплавка коленчатых валов, изготовленных из модифицированного чугуна. «Техника в сельском хозяйстве», 1973, № 10.
21. Насонов В. С., Горчаков А. И., Ульман И. Е. Автоматическая вибродуговая наплавка. М., «Колос», 1972.
22. Петров Ю. Н., Селиванов А. И., Гуртович М. С. и др. Основы ремонта машин. М., «Колос», 1972.
23. Петров С. А, Бисноватый С. И. Ремонт сельскохозяйственных машин. М., «Колос», 1972.
24. Рекомендации по правке коленчатых валов двигателей А0-1. М., ГОСНИТИ (Сибирский филиал), 1972.
25. Чистяков В. Д., Бабусенко С. М., Казаков В. К. и Костенко С. И. Ремонт тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин. М., «Колос», 1973.
26. Руденко П. А., Бедный А. С. Контроль-сортировка ремонтируемых коленчатых валов. Реферативный сборник «Ремонт и техническое обслуживание машинно-тракторного парка». ЦНИИТЭИ, 1976, № 5.
27. Руденко П. А., Бедный А. С. Способы базирования и выбор маршрута механической обработки восстанавливаемых коленчатых валов. Реферативный сборник «Ремонт и техническое обслуживание машинно-тракторного парка». ЦНИИТЭИ, 1975, № 5.
28. Руденко П. А., Горохов В. А. Групповой технологический процесс ремонта и восстановления коленчатых валов. Реферативный сборник «Ремонт и техническое обслуживание машинно-тракторного парка», ЦНИИТЭИ, 1974, № 7.
29. Руденко П. А., Горохов В. А., Борщ В. Т. Виды повреждений коленчатых валов и способы их устранения. Реферативный сборник «Ремонт и техническое обслуживание машинно-тракторного парка». ЦНИИТЭИ, 1974, № 7.
30. Руденко П. А., Горохов В. А., Мондрус И. И. Способы ремонта и восстановления шеек коленчатых валов. Реферативный сборник. «Ремонт и техническое обслуживание машинно-тракторного парка». ЦНИИТЭИ, 1974, № 10.
31. Савченко В. И. Очистка и мойка машин. М., Россельхозиздат, 1974.
32. Середенко Б. Н. и др. Износостойкость высокопрочного чугуна, применяемого в тракторостроении. Труды института машиноведения и сельскохозяйственной механики. Том VI, Киев, изд. АН УССР, 1958.
33. Сидоров А. И. Восстановление деталей тракторов и автомобилей плазменной наплавкой. М., ЦНИИТЭИ «Союзсельхозтехника», 1973.
34. Соколов Г. А., Федоров А. П., Федоров М. П. Вибродуговая наплавка порошковой проволокой с внутренней защитой. «Техника в сельском хозяйстве», 1974, № 1.
35. Чвертко А. И., Патон В. Е. и др. Станки для механизированной наплавки общего назначения из унифицированных узлов. Институт электросварки им. Е. О. Патона АН УССР, Киев, 1972.
36. Степанов В. А., Бабусенко С. М. Современные способы ремонта машин. М., «Колос», 1972.
37. Сушкевич М. В. Контроль качества ремонта. М., «Колос», 1973.

38. Сыцянко О. С., Румянцев С. А. Новый способ обработки деталей, восстановленных наплавкой. «Автомобильный транспорт», 1970, № 12.
39. Технико-экономическое обоснование специализированных цехов ремонта и восстановления коленчатых валов с определением оптимальных мощностей и номенклатуры изделий. М., ГОСНИТИ, 1973.
40. Технология автомототракторостроения. Под редакцией Д. П. Маслова. М., «Высшая школа», 1970.
41. Скобняков К. М., Глазов Г. А., Петраш Л. В. и др. Технология металлов и других конструкционных материалов. Л., «Машиностроение», 1972.
42. Технология централизованного ремонта коленчатых валов автотракторных двигателей. М., ГОСНИТИ, 1973.
43. Фулапов В. Р. Станок для полирования шеек коленчатого вала двигателя ГАЗ-51. Информационный листок № 121, М., 1972.
44. Шифман Н. И. ПВК01-71 — новый полировальный станок. «Механизация сельского хозяйства». Киев, «Урожай», 1974, № 10.
45. Шнейдер Ю. Г. Холодная бесштамповая обработка металлов давлением. Л., «Машиностроение», 1967.

ОГЛАВЛЕНИЕ



Вадим Андреевич Горохов, Петр Алексеевич Руденко

РЕМОНТ И ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ

Редактор Б. В. Косоротов
Художественный редактор Н. Ф. Шлезингер
Технический редактор В. А. Боброва
Корректор А. М. Ушакова

ИБ № 1122

Сдано в набор 05.10.77. Подписано к печати 21.02.78. Формат $84 \times 108^1/_{32}$. Бумага тип. № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл.-печ. л. 8,4. Уч.-изд. л.8,78. Изд. № 53. Тираж 60 000 экз. (1-й завод 1—40 000 экз.). Заказ № 311. Цена 30 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Колос», 103716, ГСП, Москва, К-31, ул. Дзержинского, д. 1/19.

Владимирская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете Совета Министров СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли 600000, г. Владимир, Октябрьский проспект, д. 7.